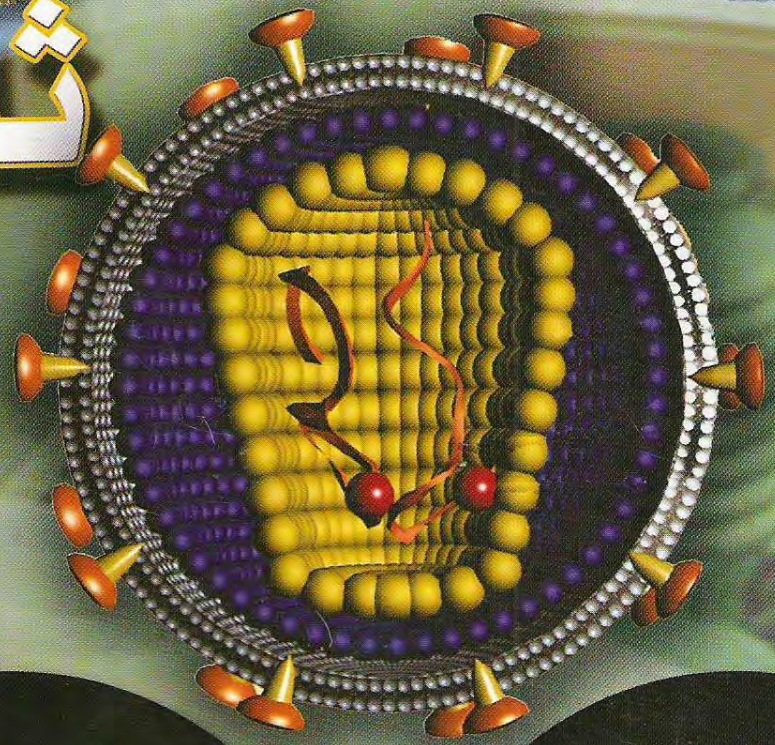
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

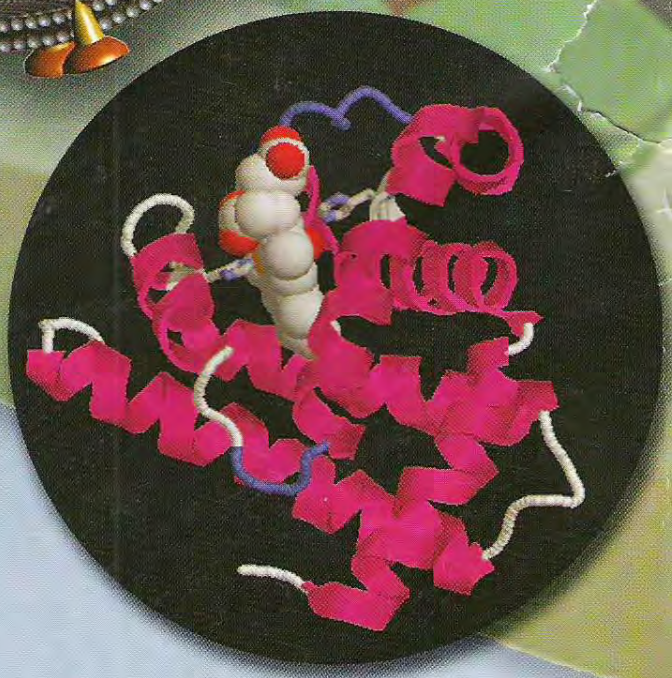
وزارة التربية الوطنية

علوم الطبيعة والحياة

شعبة العلوم التجريبية

3 ثانوي





علوم الطبيعة والحياة

السنة الثالثة من التعليم الثانوي

شعبة العلوم التجريبية

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التربية الوطنية

كتاب علوم الطبيعة والحياة

شعبة العلوم التجريبية

السنة الثالثة ثانوي

إشراف
بوشلاغم عبد العالي

تأليف

بوشلاغم عبد العالي
مفتش التربية والتكوين

الدكتور كاملي عبد الكريم
أستاذ بيوكيمياء بالمدرسة العليا للأساتذة

جعفـر عامـر
مفتش التربية والتكوين

الأستاذ بوزكريا نصر الدين
أستاذ جيولوجيا بالمدرسة العليا للأساتذة

براهيمي محمد
أستاذ تعليم ثانوي

بوشريط (بن يمينة) فتيحة
أستاذة تعليم ثانوي

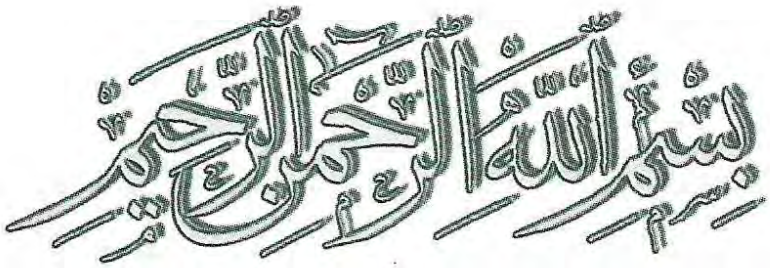
الإعداد التقني: عبد الرحيم موساوي

الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية 2007-2008

الديوان الوطني
للمطبوعات المدرسية
الجزائر
O.N.P.S.

الطبعة الأولى
2008 - 2007
MS : 1309/07
ISBN : 978-9947.20.524.2 ردمك :
Dépot légal 122 - 2007 رقم الإيداع القانوني :

المقدمة



نضع هذا الكتاب بين أيدي تلاميذنا بالمرحلة النهائية من التعليم الثانوي (شعبة العلوم التجريبية) كأداة تعليمية تعلمية تساهم ضمن باقي الوسائل التعلمية في تحقيق الأهداف المتوخاة من تدريس مادة علوم الطبيعة والحياة.

أعد هذا الكتاب تجسيدا للمنهاج الرسمي الجديد المسطر لإصلاح التعليم الثانوي في مرحلته النهائية، والذي يهدف أساسا إلى تزويد التلاميذ بالأسس العلمية الضرورية لمتابعة دراسته في التعليم العالي بنجاح، وفق منهج علمي يتماشى مع قدرات وميول التلميذ، كما يهدف إلى تزويد التلاميذ بثقافة علمية عامة ضرورية، تجعل المتعلم قادرا على اتخاذ مواقف وقائية للحفاظ على الصحة، مع الاهتمام بهدف حمايتها والحفاظ عليها، واكسابه مواقف عقلانية في مواجهة بعض الظواهر الطبيعية، وبالتالي الوصول به إلى مشاركة فعالة في حوارات حول المواضيع العلمية المعاصرة.

لقد حرصنا في هذا الكتاب على أن تكون المضامين العلمية والمنهجية والبيداغوجية المعالجة فيه تتماشى مع المقاربة بالكفاءات، حسب ما هو وارد في المنهاج الرسمي الجديد، تسمح المقاربة في هذا المستوى التعليمي باكساب التلاميذ كفاءات جديدة، تهدف إلى تطوير الفكر العلمي، إلى جانب تدعيم الكفاءات المكتسبة خلال هذا الطور في التعليم، بالتحكم في المسعى العلمي عن طريق طرح اشكاليات والسعي لحلها.

ويهمنا ونحن نقدم هذا الكتاب الإشارة إلى المسعى التعليمي التعلمي الذي اعتمدناه في هذه الأداة، حيث تساهم منهجية الطرح في مضامينه في جعل التلميذ قطبا فاعلا في عملية التعلم، فالمقاربة الجديدة تدعو المتعلم إلى بناء معارفه بنفسه، من خلال آداء النشاطات المقترحة لمعالجة الاشكاليات العلمية المطروحة للدراسة، ومناقشة الأفكار

بتقديم الحجج والمبررات، وفق منهجية يكون التلميذ فيها عنصرا فعالا ضمن المسار التعلمي، بتوجيه من الأستاذ، فالتلميذ وفق هذا المسعى هو المهندس الذي يشيد صرح معارفه بنفسه.

لقد صمم هذا الكتاب ليتناول بالدراسة ثلاثة مجالات، يندرج تحت كل مجال عدة وحدات مفاهمية، وكل وحدة تضم عدة نشاطات عملية، أو عملية وثائقية، أو وثائقية داعمة ومعززة، من الصعب تحقيقها بنشاطات عملية، وتحتل المقاربة التجريبية مكانة هامة في جزء البيولوجيا، حيث قدمت نشاطات باستعمال تقنيات الإعلام والاتصال منها التجريب المدعم بالحاسوب، والنمذجة التي تتجلى في بعض الظواهر البيولوجية والجيولوجية.

كما أن المسار التعلمي خلال مختلف النشاطات مدعم بأسئلة متنوعة وهادفة لاستغلال الوثائق المقترحة لبناء المعارف التي تُجنى في نهاية الوحدة في شكل حصيلة معرفية.

ولم ننس عند إعداد هذا الكتاب أهمية العمل الفردي الذاتي الذي قدم على شكل تمارين الذي يسمح للتلميذ بتقييم مدى تحصيله للمعارف وبناء الكفاءات، باختبار مكتسباته المعرفية، والعمل على استثمارها كموارد لادماج المكتسبات.

يأمل فريق التأليف أن يكون هذا العمل المتواضع مفيدا يؤدي الغرض من انجازه، وأن يجد تلاميذنا، وأساتذتنا الكرام في هذا الكتاب ما يحقق طموحاتهم في وسيلة تعليمية تعلمية تلبي انشغالاتهم.

والله ولي التوفيق

المؤلفون

فهرس الكتاب

		العنوان	الصفحة
		المقدمة	3
		فهرس الكتاب	5
المجال الأول : التخصص الوظيفي للبروتينات	الوحدة الأولى	I- تركيب البروتين	10
		1. تذكير بالمكتسبات	11
		2. مقر تركيب البروتين	12
		3. استنساخ المعلومات الوراثية الموجودة على مستوى ADN	16
		4. الترجمة	20
		5. مراحل الترجمة	24
	الوحدة الثانية	II- العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين	39
		1. تمثيل البنية الفراغية للبروتين	40
		2. مستويات البنية الفراغية للبروتينات	42
		3. العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين	46
	الوحدة الثالثة	III- النشاط الإنزيمي للبروتينات	57
		1. مفهوم الإنزيم وأهميته	58
		2. النشاط الإنزيمي وعلاقته ببنية الإنزيم	60
		3. دراسة تأثير تغير درجة pH الوسط على نشاط الإنزيم	67
		4. دراسة تأثير تغيرات درجة الحرارة على نشاط الإنزيم	68
	الوحدة الرابعة	IV- دور البروتينات في الدفاع عن الذات	73
		1. تذكير بالمكتسبات	74
		2. الذات واللاذات	76
		3. الجزيئات الدفاعية في الحالة الأولى	85
		4. المعقد المناعي	87
		5. مصدر الأجسام المضادة	92

		العنوان	الصفحة
		6. العناصر الدفاعية في الحالة الثانية	97
		7. طرق تأثير اللمفاويات LT	98
		8. مصدر اللمفاويات LT	100
		9. سبب فقدان المناعة المكتسبة	107
	الوحدة الخامسة	V- دور البروتينات في الاتصال العصبي	127
		1. تذكير بالمكتسبات	128
		2. آلية النقل المشبكي	130
		3.كمون الراحة	138
		4. كمون العمل	142
		5. آليات الإدماج العصبي	148
		6. تأثير المخدرات على مستوى المشابك	154
المجال الثاني: التحولات الطاقوية	الوحدة الأولى	I- آليات تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة	174
		1. تذكير بالمكتسبات (شروط عملية التركيب الضوئي ومظاهره)	175
		2. مقر عملية التركيب الضوئي -ما فوق البنية الخلوية للصانعة الخضراء-	177
		3. تفاعلات المرحلة الكيموضوئية	180
		4. تفاعلات المرحلة الكيموحيوية	192
	الوحدة الثانية	II- آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP	205
		1. تذكير بالمكتسبات	206
		2. مقر الأكسدة التنفسية	207
		3. التحلل السكري	210
		4. مراحل تفكك حمض البيروفيك (الأكسدة التنفسية)	213
		5. الفسفرة التأكسدية	215
		6. آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في وسط لا هوائي	218

		العنوان	الصفحة
	الوحدة الثالثة	III- تحويل الطاقة على المستوى ما فوق البنية الخلوية	227
		- التحولات الطاقوية على المستوى الخلوي	228
المجال الثالث: التكتونية العامة	الوحدة الأولى	I- النشاط التكتوني للصفائح	237
		1. تحديد الصفائح التكتونية	238
		2. حركات الصفائح التكتونية	240
		3. الطاقة الداخلية للكرة الأرضية	248
	الوحدة الثانية	II- بنية الكرة الأرضية	259
		1. الموجات الزلزالية	260
		2. التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية والمعطف (البرنس)	266
		3. نمذجة البنية الداخلية للكرة الأرضية	274
	الوحدة الثالثة	III- النشاط التكتوني والبنيات الجيولوجية المرتبطة به	287
		1. الظواهر المرتبطة بالبناء (خصائص الظهرات وسط محيطية).	288
		2. المغماتية وتشكل اللوح المحيطي.	290
		3. تشكل التضاريس المميزة للظهرة وسط محيطية.	294
		4. الظواهر المرتبطة بالغوص.	302
		5. اختفاء اللوح المحيطي والظواهر المرتبطة بالغوص.	307
		6. التضاريس الناجمة عن التصادم.	316
		7. شواهد التقلص	319
		8. شواهد محيط قديم	323

المجال 1 التخصص

ظهر مرض جنون البقر (مرض الأنسجة العصبية الإسفنجية للبقر Encéphalopathie Spongiforme Bovine) في بريطانيا في منتصف الثمانينيات وأدى إلى خسائر كبيرة في الثروة الحيوانية، حيث تم التخلص من أعداد كبيرة منها بالحرق للحد من انتشار المرض.

تتميز الأبقار المصابة بعدم قدرتها على التحكم في توازنها، وحركتها، ثم تفقد العديد من الوظائف الأخرى وينتهي الأمر بموتها. عند فحص الأنسجة العصبية المركزية تبين وجود ثقوب فيها مما يعطيها شكل الإسفنج. يعود سبب المرض إلى تغير في بنية أحد البروتينات ، مما يؤثر على بروتينات أخرى، ويؤدي إلى تخريب الخلايا العصبية. فبعض أنواع البروتينات تفقد بنيتها لأسباب لا تزال مجهولة وتصبح ضارة ومعدية تسمى بريونات prions، مما ينتج عن ذلك أمراضا خطيرة ، منهامرض جنون البقر.

تحصل العالم Stanley Prusiner على جائزة نوبل للطب سنة 1996 لاكتشافه هذا النوع من البروتينات.

يعتقد أن أمراض خطيرة تصيب الإنسان، مثل الشلل الرعاشي (Parkinson)، ومرض ألزايمر Alzheimer، تنتج من خلل في بنية البروتينات، ثم تجمعها على شكل ألياف في الأنسجة العصبية، مما يؤدي إلى تخريبها تدريجيا.

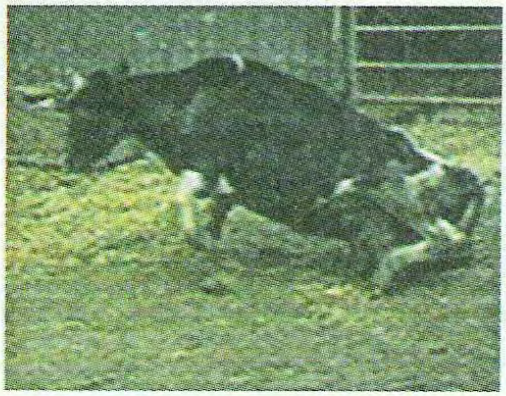
- فما هي البروتينات وكيف يتم تركيبها ؟ ما الذي يحدث للبروتين ليتحول إلى بريونات prions ؟

- كيف تستطيع القيام بوظائف مختلفة ومتنوعة، مثل ضمان الاتصال العصبي ،والدفاع عن الذات، وإنتاج الطاقة وغيرها ؟

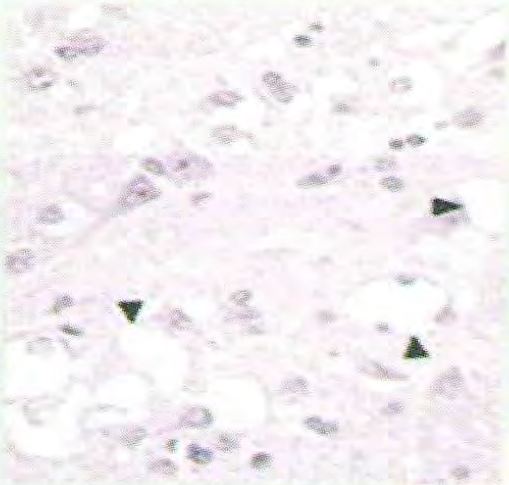
وحدات المجال:

1. تركيب البروتين.
2. العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين.
3. النشاط الإنزيمي للبروتينات.
4. دور البروتينات في الدفاع عن الذات.
5. دور البروتينات في الاتصال العصبي.

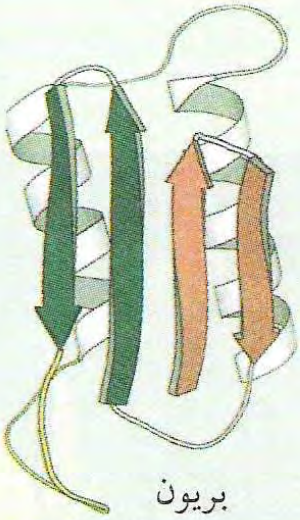
الوظيفي للبروتينات



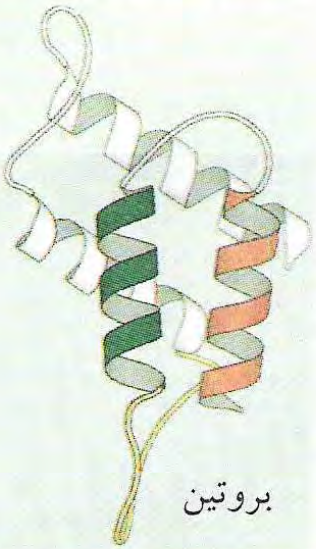
Stanley Prusiner



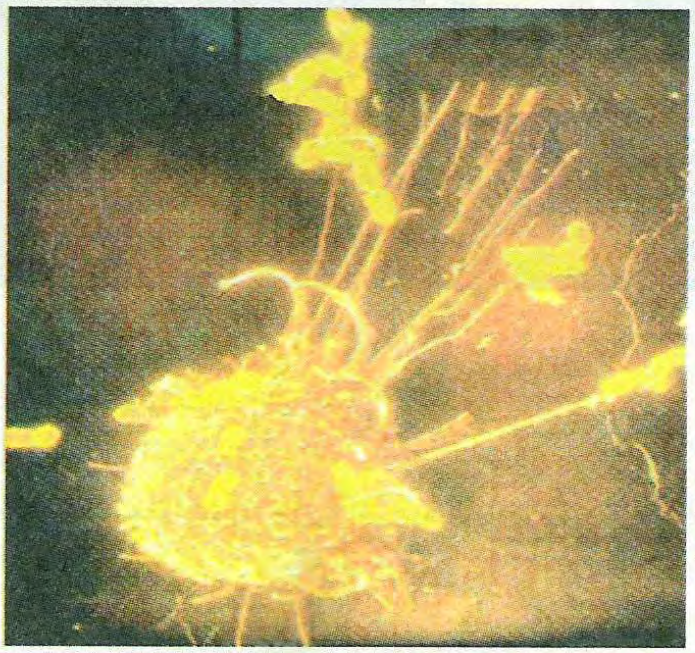
نسيج عصبي إسفنجي (مصاب)

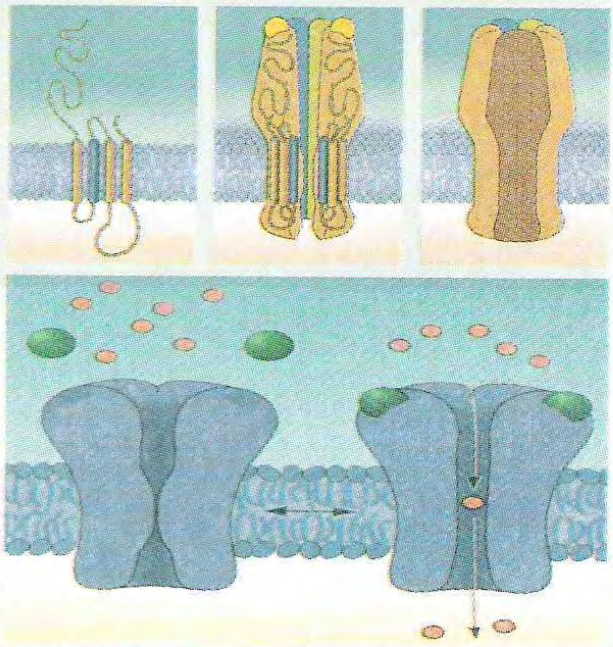


بريون



بروتين





الوحدة 1

تركيب البروتين

تقوم العنكبوت بإنتاج كميات معتبرة من الخيوط لبناء بيتها الذي يقوم في آن واحد بدور المصيدة لإصطياد فريستها. تتكون خيوط العنكبوت أساسا من بروتين يدعى الفبرووين.
لا تقتصر العنكبوت على إنتاج بروتين الفبرووين، وإنما تقوم بتصنيع عدد كبير من البروتينات داخل خلاياها مثلها في ذلك مثل باقي الكائنات الحية الحيوانية والنباتية والدقيقة.

➢ كيف تتمكن الكائنات الحية من تركيب البروتين ؟ وماهي الأدوار التي تقوم بها البروتينات في الكائنات الحية ؟

عناصر الوحدة

1. تذكير بالمكتسبات.
2. مقر تركيب البروتين.
3. استنساخ المعلومات الوراثية الموجوة على مستوى الـ ADN.
4. الترجمة.
5. مراحل الترجمة.

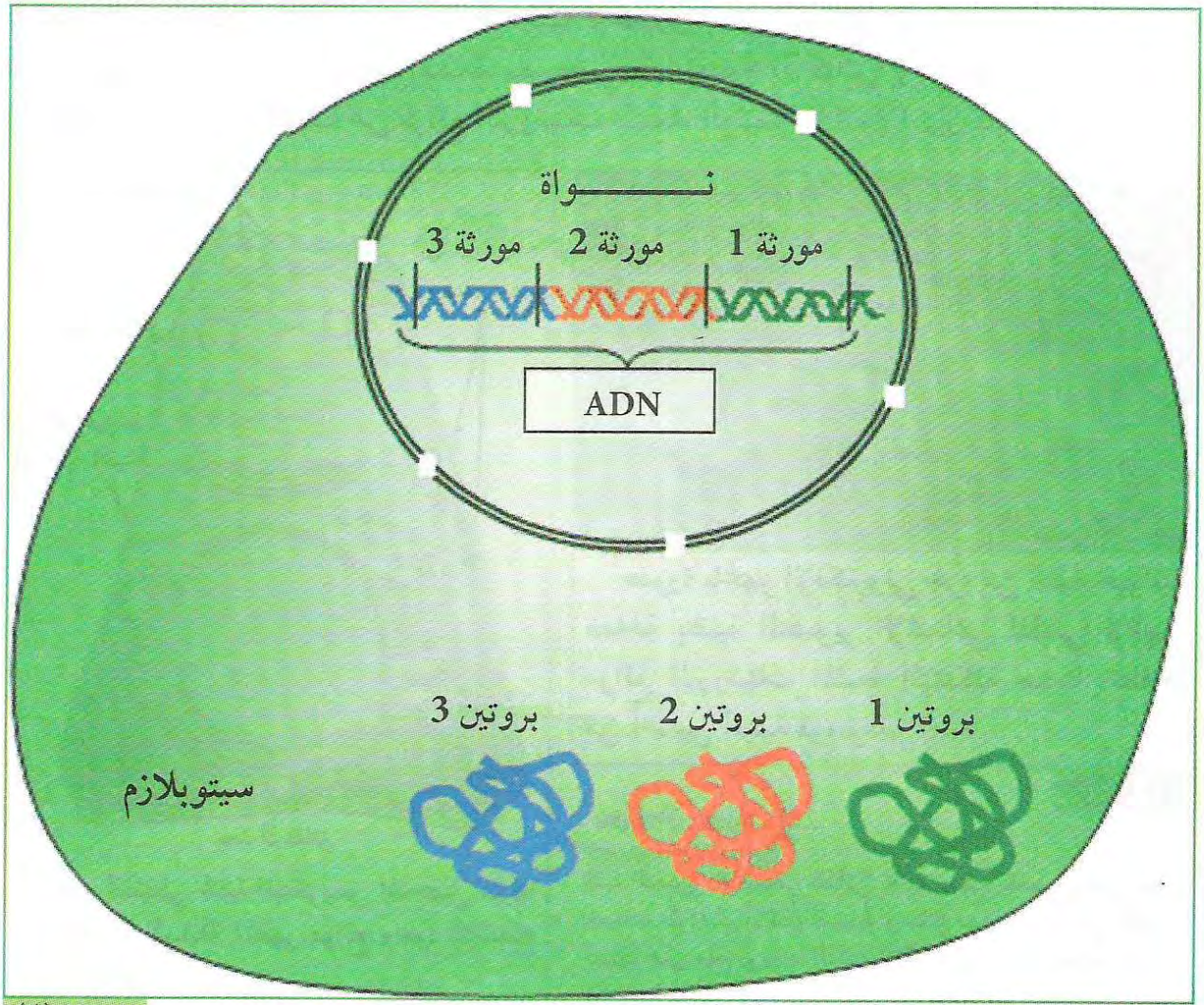
النشاط 1

تذكير بالمكتسبات

تعرفت سابقا على أن جزيئة الـ ADN تتواجد في النواة، وهي التي تحمل المعلومات الوراثية، بينما تتواجد البروتينات في السيتوبلازم.

➢ فما هي العلاقة بين المورثات المتواجدة في الـ ADN وبروتينات السيتوبلازم ؟

لاظهار هذه العلاقة نقدم الوثيقة التالية:



الوثيقة (1)

من خلال تحليل الوثيقة (1) ومعارفك السابقة استنتج:

1. دعامة المعلومات الوراثية.
2. مفهوم التعبير المورثي.

النشاط 2

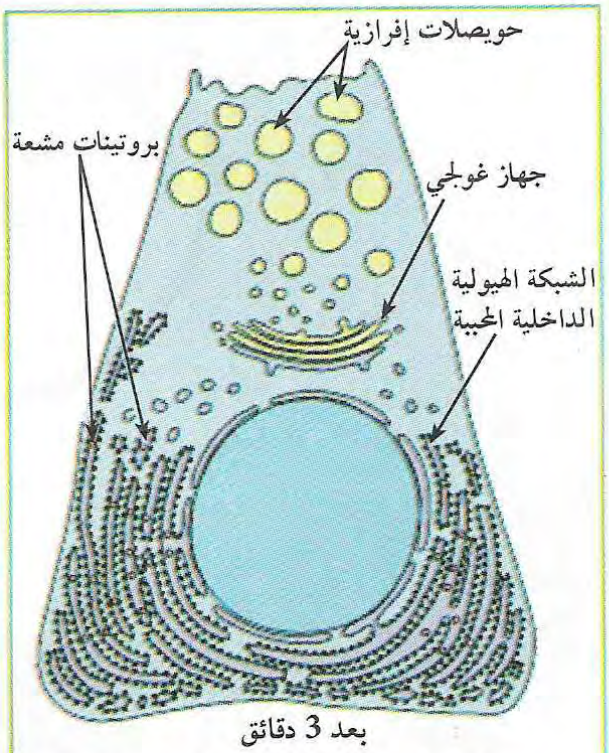
مقر تركيب البروتين

من المعروف أن البروتينات هي جزيئات حيوية هامة تقوم بأدوار متعددة في الكائنات الحية، وأن الخلايا الحية تتميز بقدرتها على تركيب البروتينات التي تحتاج إليها لأداء وظائفها المختلفة.

➢ فما هو مقر تركيب البروتين داخل الخلية ؟

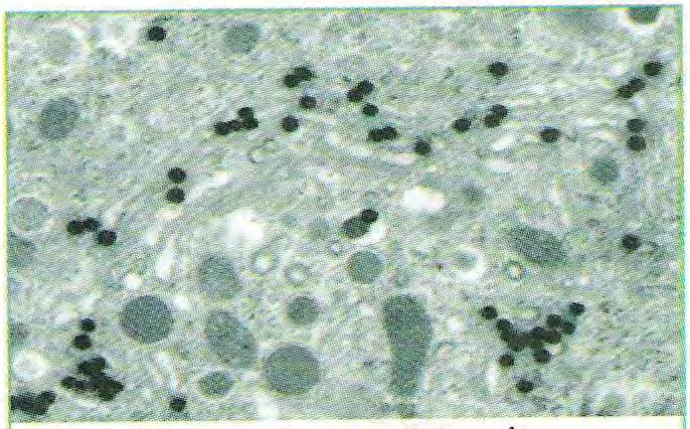
❶ إظهار مقر تركيب البروتين

لغرض تحديد مقر تركيب البروتين داخل الخلية تم تحضين الخلايا العنقودية للبنكرياس في وسط يحتوي على أحماض أمينية موسومة بعناصر مشعة. بعد مضي فترة قصيرة (3 دقائق) وعن طريق تقنية التصوير الإشعاعي الذاتي تم الكشف عن مواقع البروتينات المشعة، الوثيقتين (1 و2) تبين ذلك.



رسم تخطيطي لخلية البنكرياس المتحصل عليها من التجربة السابقة (تظهر مواقع وجود الإشعاع باللون الأحمر)

الوثيقة (1)



صورة بالمجهر الإلكتروني لجزء من خلية حيوانية معالجة بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي لإظهار مواقع البروتينات المشعة المتشكلة حديثا انطلاقا من أحماض أمينية موسومة.

الوثيقة (2)

معلومات مفيدة

تقنية التصوير الإشعاعي الذاتي: تقنية تسمح بالحصول على صور للعينات على فيلم الأشعة السينية أو سائل مستحلب حساس للضوء يحتويان على ملح بروميد الفضة (AgBr). تصدر العينات المشعة (الموسومة بعنصر مشع) أشعة (β أو γ) تؤدي عند اصطدامها بالفيلم أو المستحلب إلى ترسب شوارد الفضة التي تظهر بعد التحميض في شكل بقع سوداء تزداد شدتها بزيادة مقدار الإشعاع في العينة. تستعمل هذه التقنية للكشف عن مواقع وجود الإشعاع في خلية أو جزء من خلية أو عضو كامل. يمكن كذلك بواسطة هذه التقنية تتبع مسار المركبات المشعة المتكونة داخل الخلية.

- ما هي المعلومة التي يمكن استخلاصها من تحليل الوثيقتين (1) و(2) حول مقر تركيب البروتين ؟ علل إجابتك ؟

❷ انتقال المعلومات الوراثية

أمكن التوصل إلى أن المعلومات الوراثية المتواجدة في النواة تشرف على تركيب بروتينات في السيتوبلازم

من خلال مكتسباتك حول مقر المعلومات الوراثية وما توصلت إليه في التجربة السابقة حول مقر تركيب البروتين،

- اقترح فرضية أو فرضيات توضح كيف يتم ذلك.

⇦ التحقق من الفرضيات:

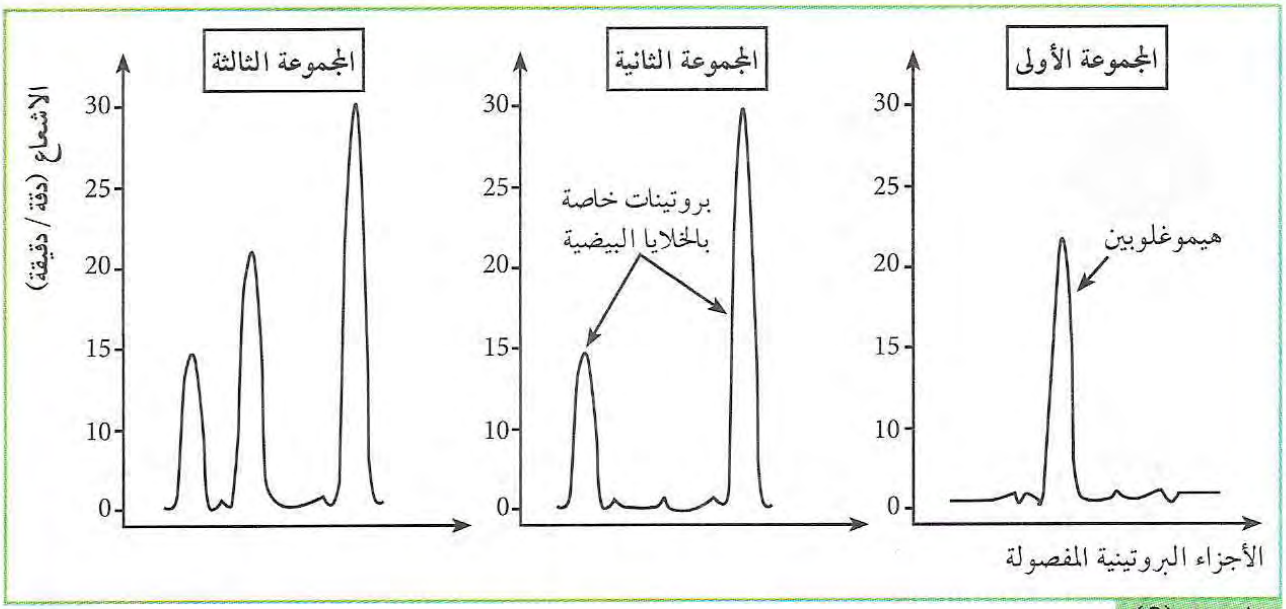
لغرض التحقق من صحة إحدى الفرضيات قمنا بإجراء تجربة وضعت فيها 3 مجموعات من الخلايا في وسط يحتوي على أحماض أمينية موسومة بنظير مشع.

المجموعة الأولى: الخلايا الأصلية لكرات الدم الحمراء للأرنب والتي لها القدرة على تركيب الهيموغلوبين.

المجموعة الثانية: الخلايا البيضية للضفدع.

المجموعة الثالثة: الخلايا البيضية للضفدع محقونة بـ ARN الذي تم عزله وتنقيته من الخلايا الأصلية لكرات الدم الحمراء للأرنب.

تم استخلاص وفصل البروتينات التي أدمجت الأحماض الأمينية المشعة بواسطة تقنية التسجيل اللوني (الكروماتوغرافي) وتحديد مواضعها وكمية الإشعاع فيها بتقنية خاصة. نتائج التجربة موضحة في الوثيقة (3).

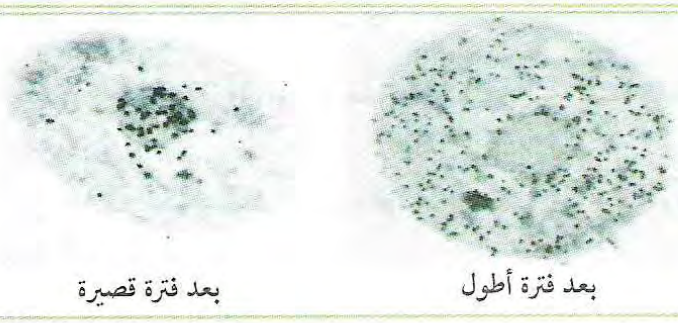


الوثيقة (3)

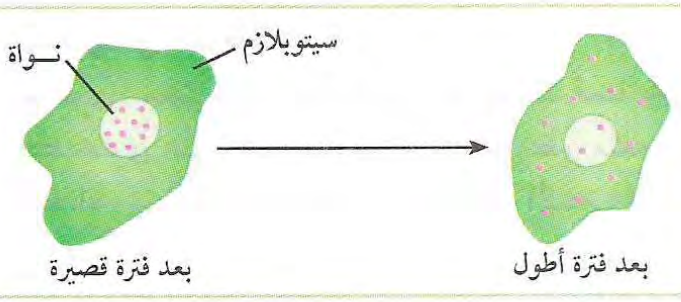
1. حلل الوثيقة (3) ؟ ماذا تستخلص ؟
2. علل سبب استعمال اليوراسيل المشع ؟

تم في تجربة أخـرى تحضين خلايا حيوانية لفترة قصير في وسط يحتوي على اليوراسيل المشع ثم حولت الخلايا إلى وسط به يوراسيل عادي وتركت لفترة أطول. نتائج التصوير الإشعاعي الذاتي في الحالتين موضحة في الوثيقة (4).

1. ما هي المعلومة الإضافية المستخلصة من تحليل الوثيقة (4) ؟
2. هل تحققت إحـدى الفرضيات المطروحة سابقا ؟ وضح ذلك.
3. اقترح تسمية مناسبة لهذا الـ ARN من خلال الدور الذي يقوم به ؟



▲ صور بالمجهر الإلكتروني

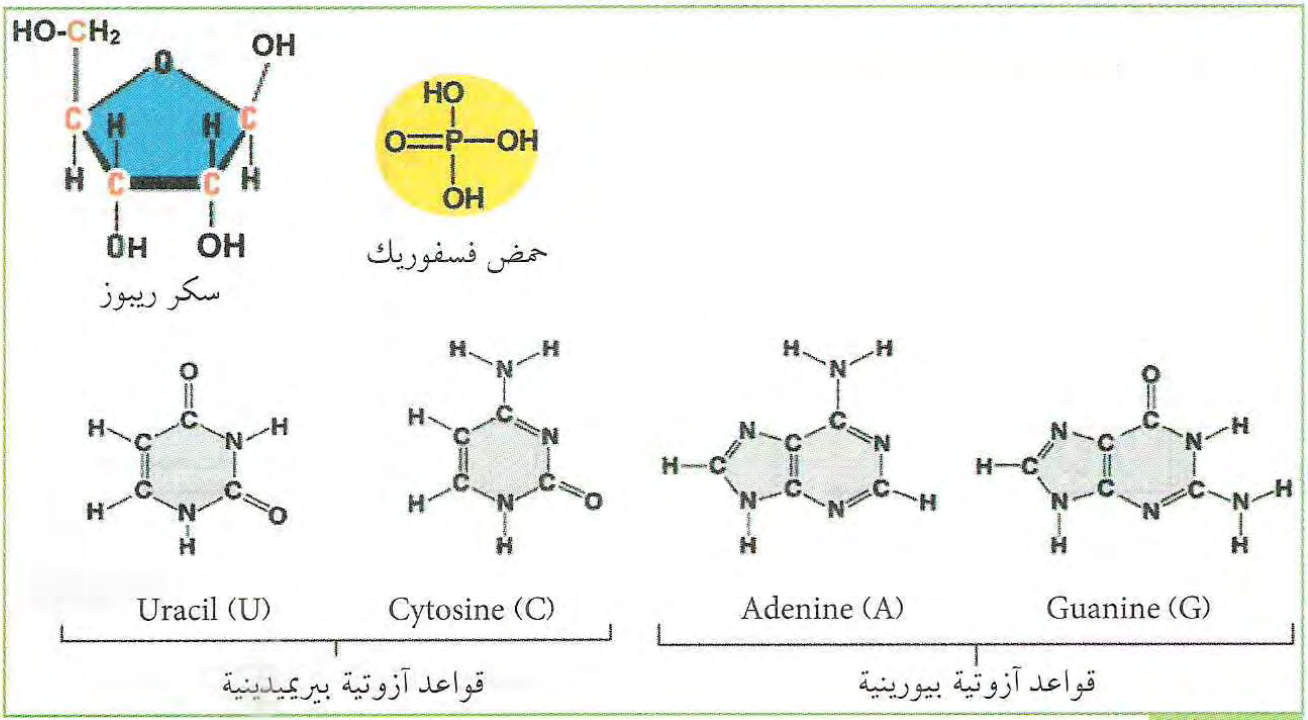


▲ رسم تخطيطي توضيحي

الوثيقة (4)

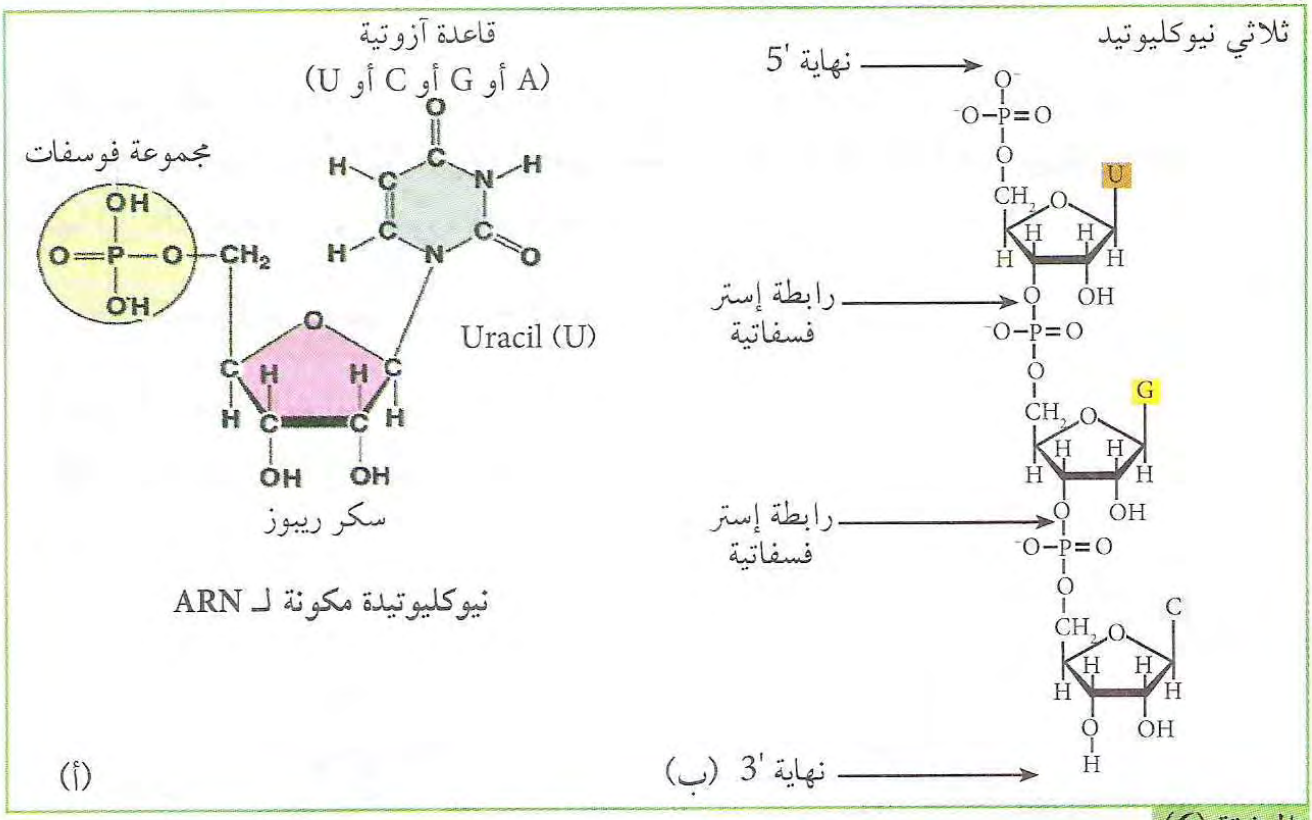
❸ المكونات الكيميائية لجزيء الـ ARN

بينت نتائج الإماهة الكلية لعينة من ARN **باستعمال القاعدة NaOH** وفي شروط تجريبية محددة وجود المكونات الموضحة في الوثيقة (5).

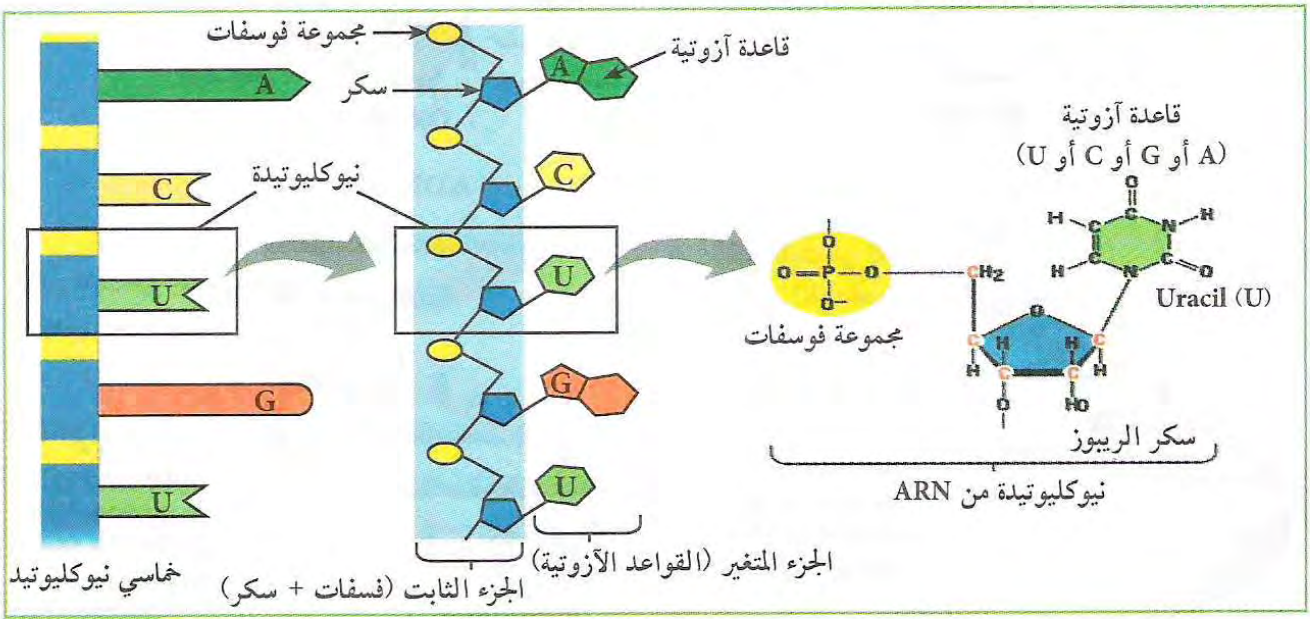


الوثيقة (5)

كما بينت نتائج الإماهة الجزئية لجزيء الـ ARN باستعمال الإنزيمات المتخصصة من نوع RNase وجود نيوكلّيوتيدات وقطع نيوكليوتيدية قليلة التعدد كما هو موضح في الوثيقتين (6، 7).



الوثيقة (6)



الوثيقة (7)

استغلال الوثائق:

1. إنطلاقا من معطيات الوثيقة (5) إستخلص التركيب الكيميائي للـ ARN.
2. بالإعتماد على الصيغتين أ وب من الوثيقة (6) ومعطيات الوثيقة (7)، مثل كيفية الانتقال من النيوكليوتيدة الحرة إلى سلسلة من النيوكليوتيدات ؟

النشاط 3

استنساخ المعلومات الوراثية الموجودة على مستوى الـ ADN

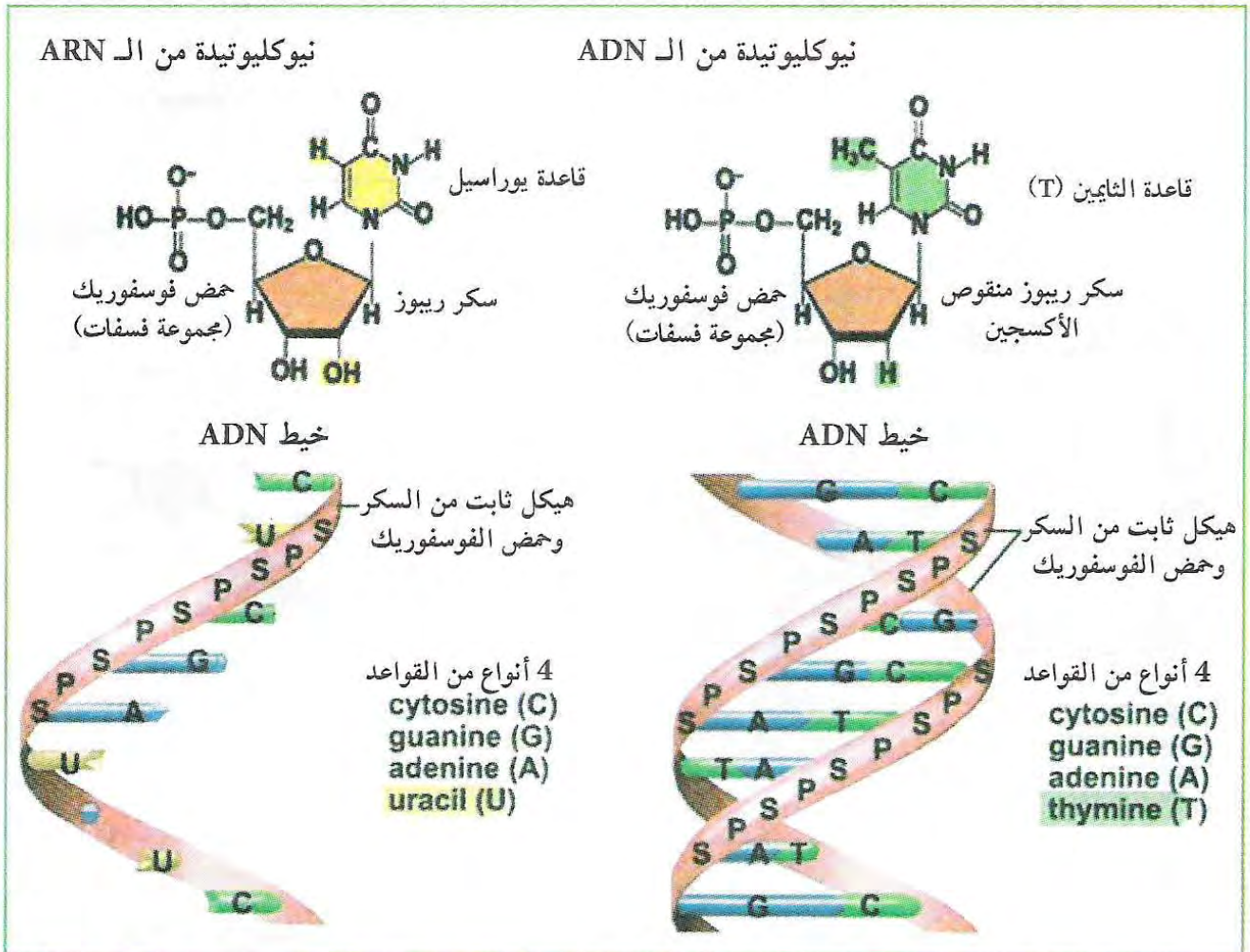
لغرض نقل نسخة من المعلومات الوراثية من النواة إلى السيتوبلازم تحتاج الخلية إلى استنساخ المعلومات الوراثية الموجودة على مستوى جزيئة الـ ADN (مورثة واحدة أوأكثر) لنقلها إلى السيتوبلازم في صورة الـ ARN.

➢ فكيف تتم عملية استنساخ المعلومات الوراثية ؟

لإظهار ذلك ننجز الدراسة التالية:

❶ مقارنة بين الـ ADN والـ ARN

توضح الوثيقة (1) أهم الفروق بين جزيئة ADN (تم التعرف عليها في السنة الثانية ثانوي) وجزيئة ARN.



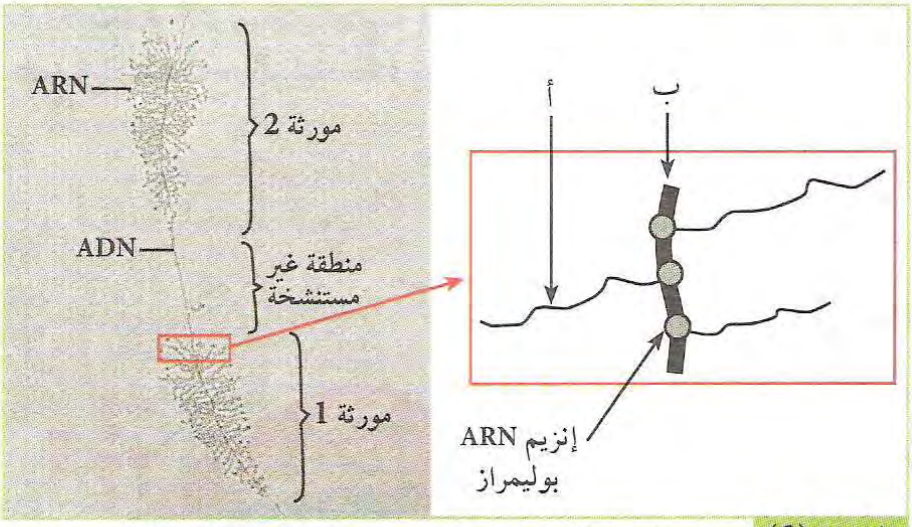
الوثيقة (1)

- لخص في جدول أهم الفروق بين جزيئة ADN وجزيئة ARN ؟

❷ ملاحظة عملية الاستنساخ بالمجهر الإلكتروني

توضح الوثيقة (2) صورة بالمجهر الإلكتروني بتكبير قوي حدوث عملية الاستنساخ بالإضافة إلى رسم تخطيطي توضيحي مكبر للجزء المؤطر من الصورة.

1. من تحليل صورة المجهر الإلكتروني حدد اتجاه الاستنساخ مع التعليل ؟
2. ماذا تمثل العناصر أ وب ؟

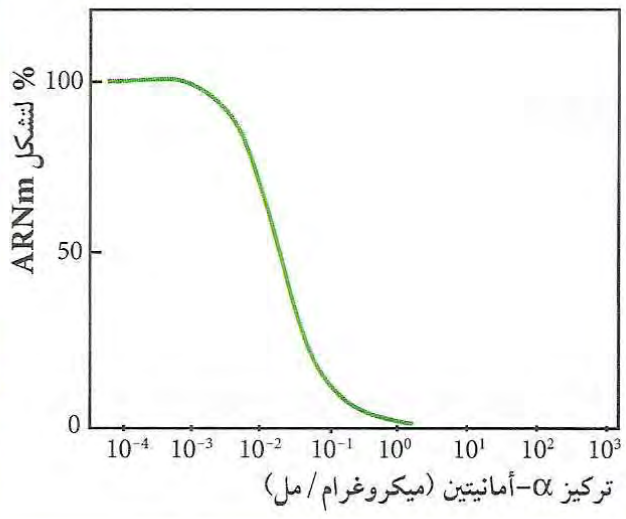


الوثيقة (2) صورة بالمجهر الالكتروني مع رسم تفسيري لجزء منها توضح ظاهرة الإستنساخ المتعدد في الخلية البيضية للضفدع.

❸ إظهار دور إنزيم ARN بوليمراز

لإظهار دور الإنزيم ARN بوليمراز، تم في تجربة استعمال مركب α-أمانيتين المستخرج من الفطر السام المعروف باسمه العلمي *Amanita phalloides* (هذا المركب هو مثبط نوعي لإنزيم الـ ARN بوليمراز). نتائج التجربة وصورة للفطر السام موضحة في الوثيقة (3).

▲ الفطر السام *Amanita phalloides*

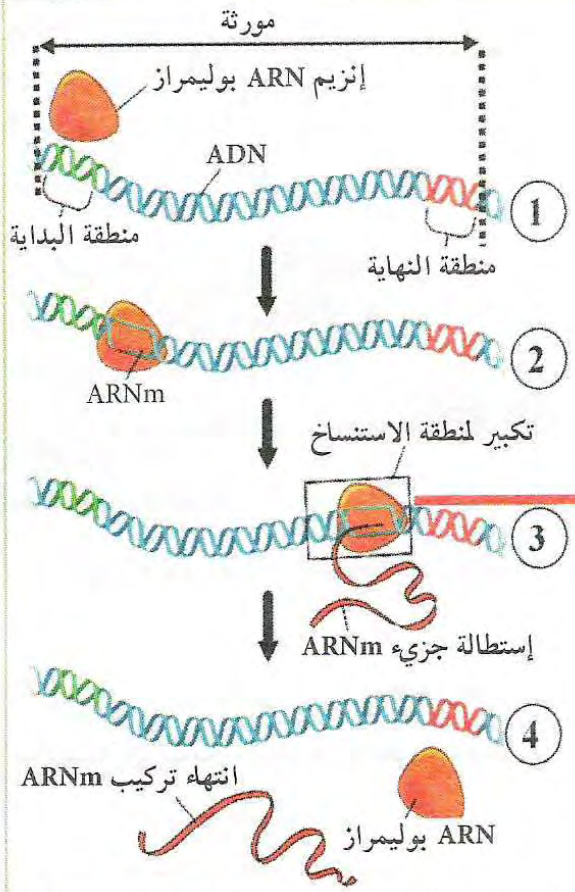


الوثيقة (3)

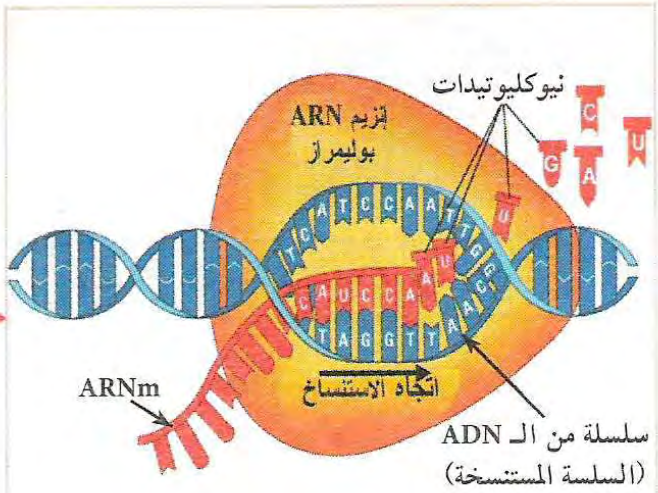
- ماهي المعلومة التي يمكن استخراجها من تحليل المنحنى ؟

❹ تفاصيل حول حدوث عملية الاستنساخ

توصلت الدراسات العديدة والأبحاث العلمية إلى اكتشاف العديد من التفاصيل حول كيفية حدوث عملية الاستنساخ، الوثيقة (4) توضح بعض هذه التفاصيل.



رسم تخطيطي يوضح مراحل حدوث عملية الاستنساخ



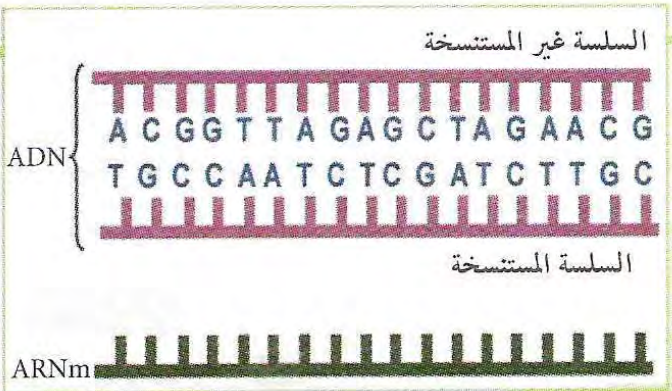
تكبير لمنطقة حدوث الاستنساخ

الوثيقة (4)

1. استخرج العناصر الضرورية لحدوث عملية الاستنساخ ؟
2. حدد مراحل حدوث عملية الاستنساخ ؟ مع التعليل ؟
3. لخص في نص علمي كيفية حدوث عملية الاستنساخ ؟

❺ العلاقة بين ADN وARNm المستنسخ

توضح الوثيقة (5) قطعة من جزيء الـ ADN وقطعة الـ ARNm الناتجة منها بعد الاستنساخ.

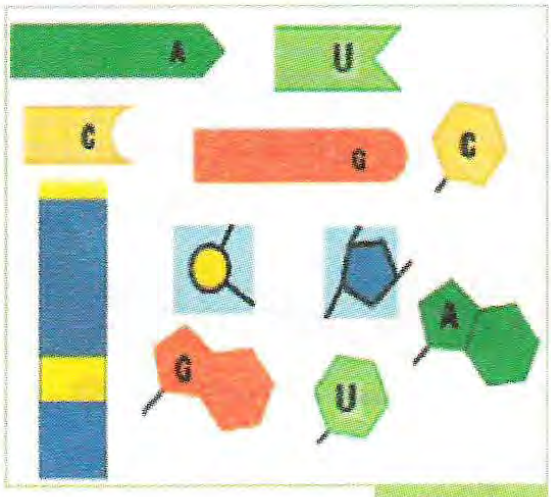


الوثيقة (5)

استغلال الوثائق:

1. بالاستعانة بالوثيقة (4) حدد تتابع القواعد على سلسلة الـ ARNm في الوثيقة (5).
2. استنتج العلاقة بين الـ ADN والـ ARNm.

⑥ نمذجة اصطناع جزيئة الـ ARNm



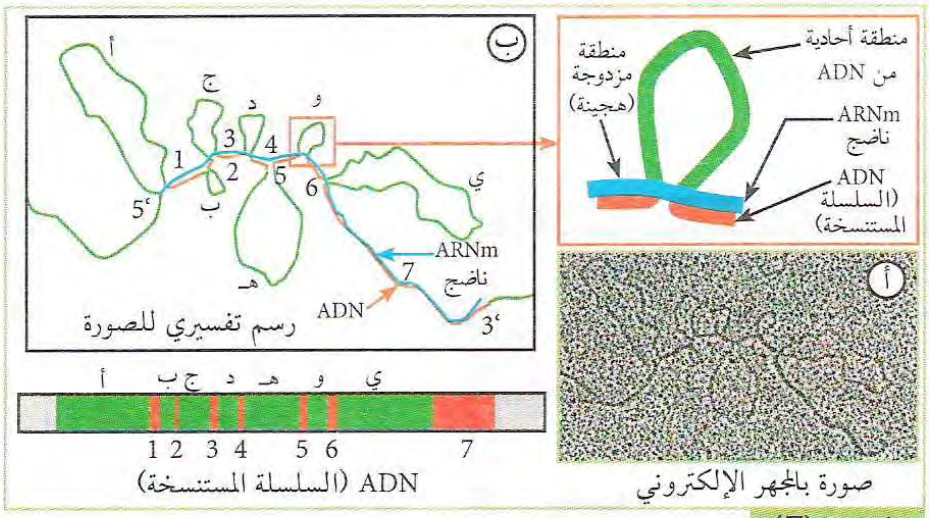
الوثيقة (6)

يجري هذا النشاط في المخبر باستعمال وسائل ومواد بسيطة (ورق مقوى بألوان مختلفة، مقص، غراء، كرات بألوان مختلفة، أسلاك .....) حيث يقوم التلاميذ بإنتاج نماذج للعناصر الداخلة في تركيب الـ ADN والـ ARN باستعمال المواد المذكورة وابتكار طريقة سهلة لربطها مع بعض لإنتاج سلسلة. تترك الحرية للتلاميذ في اقتراح النماذج المناسبة التي تتوافق مع المعارف المبنية سابقا والمتعلقة بـ:

- بنية الـ ADN والـ ARN.
- طريقة التكامل بين قواعد الـ ADN والـ ARN.
- آلية حدوث عملية الاستنساخ.

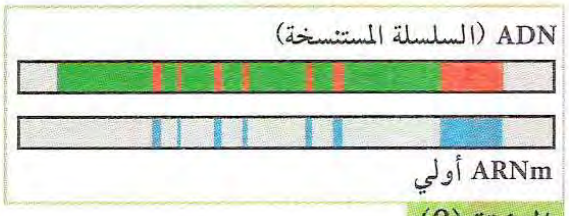
يمكن الاستعانة بالوثيقة (6) في كيفية اختيار نماذج النيوكليوتيدات المتكاملة.

⑦ نضج الـ ARNm بعد انتهاء الإستنساخ



الوثيقة (7)

تظهر أشكال وصورة المجهر الإلكتروني الموضحة في الوثيقة (7) نتائج التهجين الجزيئي في المخبر بين سلسلة ADN المستنسخة (على مستوى مورثة واحدة) وسلسلة ARNm الناتجة منها والمستخلصة من الهيولى (ARNm ناضج) في خلية حقيقية النواة. بينما بينت المقارنة بين سلسلة ADN المستنسخة وARNm الناتج منها بعد الاستنساخ مباشرة (ARNm أولي) النتائج الموضحة في الوثيقة (8). نتائج التهجين المتحصل عليها عند بدائيات النواة مثل البكتريا لم تثبت وجود الظاهرة الموضحة في الوثيقة (7). الأرقام من 1 إلى 7 تشير إلى المناطق المزدوجة بينما تشير الأحرف من (أ) إلى (ي) إلى المناطق الأحادية.



الوثيقة (8)

استغلال الوثائق:

1. قارن بين طول الـ ARNm وسلسلة الـ ADN في الوثيقة (7). ماذا تستنتج ؟
2. بين كيفية الانتقال من الـ ARNm أولي إلى الـ ARNm ناضج. ماذا تستنتج ؟
3. ما ذا تمثل إذا القطع الممثلة بالأرقام والقطع الممثلة بالأحرف في الوثيقة (7) ؟

النشاط 4

الترجمة

يحتاج تركيب البروتين في الخلية على شكل تتابع لأحماض أمينية إلى ترجمة نسخة من المعلومات الوراثية المحمولة على جزيء الـ ARNm (الشفرة الوراثية) والتي تتمثل في تتابع للقواعد الآزوتية.

➢ فكيف تتم ترجمة الشفرة الوراثية إلى بروتين ؟

❶ الشفرة الوراثية

تتكون الشفرة الوراثية المتمثلة في تتابع القواعد (لغة نووية) من 4 أحرف وهي: A، C، G، U.
تتكون اللغة الثانية (اللغة البروتينية) من 20 كلمة، عبارة عن 20 حمض أميني مكونة للبروتينات.
عند ترجمة معلومات من لغة إلى أخرى نحتاج عادة إلى الاستعانة بقاموس يعطي لكل كلمة من اللغة الأولى مايقابلها في اللغة الثانية

❖ **الإشكالية الأولى:** ماهو عدد الأحرف في كل كلمة من اللغة النووية وعدد الكلمات التي يمكن تشكيلها لتغطية كلمات اللغة البروتينة ؟

أ) عدد الإحتمالات:

- الإحتمال الأول: كلمات نووية من حرف واحد.
- الاحتمال الثاني: كلمات نووية من حرفين.
- الإحتمال الثالث: كلمات نووية من 3 أحرف.

1. ماهو عدد الكلمات النووية المتشكلة في كل احتمال ؟
2. ما هو الاحتمال الصحيح ؟ علل إجابتك ؟

ب) جدول الشفرات الوراثية:

توضح الوثيقة (1) جدول الرامزات والأحماض الأمينية التي تقابلها.

القاعدة الثانية

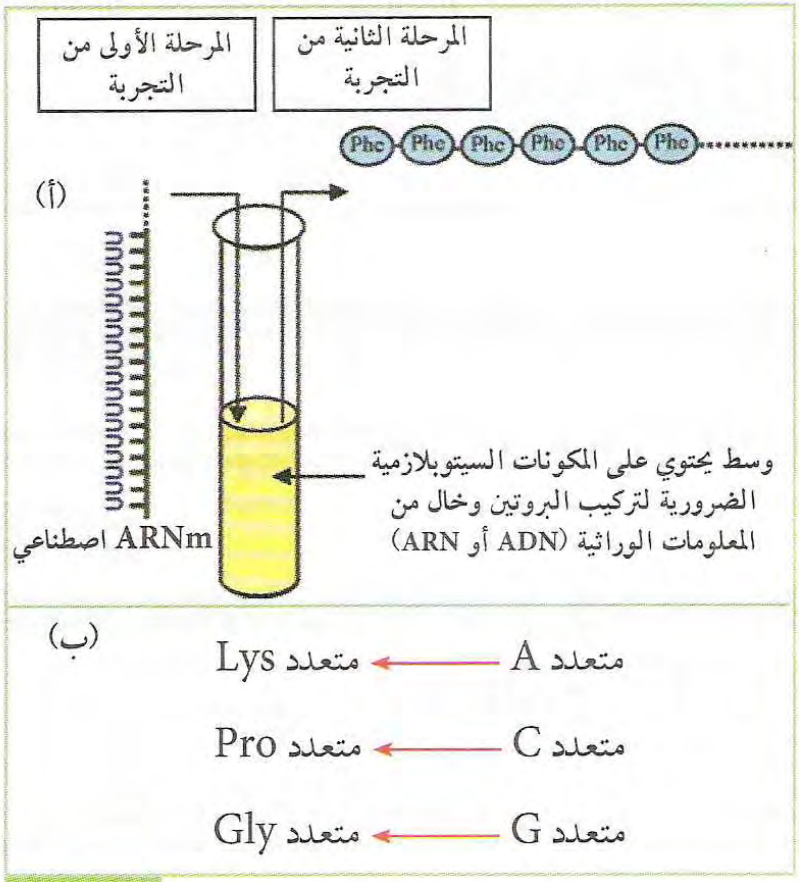
القاعدة الأولى	U	C	A	G	القاعدة الثالثة
U	UUU Phenylalanine (Phe) UUC Phenylalanine (Phe) UUA Leucine (Leu) UUG Leucine (Leu)	UCU Serine (Ser) UCC Serine (Ser) UCA Serine (Ser) UCG Serine (Ser)	UAU Tyrosine (Tyr) UAC Tyrosine (Tyr) UAA Stop UAG Stop	UGU Cysteine (Cys) UGC Cysteine (Cys) UGA Stop UGG Tryptophan (Trp)	U C A G
C	CUU Leucine (Leu) CUC Leucine (Leu) CUA Leucine (Leu) CUG Leucine (Leu)	CCU Proline (Pro) CCC Proline (Pro) CCA Proline (Pro) CCG Proline (Pro)	CAU Histidine (His) CAC Histidine (His) CAA Glutamine (Gln) CAG Glutamine (Gln)	CGU Arginine (Arg) CGC Arginine (Arg) CGA Arginine (Arg) CGG Arginine (Arg)	U C A G
A	AUU Isoleucine (Ile) AUC Isoleucine (Ile) AUA Isoleucine (Ile) AUG Methionine (Met) رامزة الانطلاق	ACU Threonine (Thr) ACC Threonine (Thr) ACA Threonine (Thr) ACG Threonine (Thr)	AAU Asparagine (Asn) AAC Asparagine (Asn) AAA Lysine (Lys) AAG Lysine (Lys)	AGU Serine (Ser) AGC Serine (Ser) AGA Arginine (Arg) AGG Arginine (Arg)	U C A G
G	GUU Valine (Val) GUC Valine (Val) GUA Valine (Val) GUG Valine (Val)	GCU Alanine (Ala) GCC Alanine (Ala) GCA Alanine (Ala) GCG Alanine (Ala)	GAU Aspartic acid (Asp) GAC Aspartic acid (Asp) GAA Glutamic acid (Glu) GAG Glutamic acid (Glu)	GGU Glycine (Gly) GGC Glycine (Gly) GGA Glycine (Gly) GGG Glycine (Gly)	U C A G

الوثيقة (1)

1. بالاعتماد على نتائج الجدول علل الفرق في عدد الكلمات بين اللغتين.
2. هل يمكن أن يكون للكلمة الواحدة من اللغة البروتينية عدة مرادفات في اللغة النووية ؟ تعرف على مختلف الاحتمالات من الجدول.
3. هل لكل الكلمات في اللغة النووية معنى في اللغة البروتينة ؟ علل.

❖ الإشكالية الثانية: كيف تم فك رموز الشفرة الوراثية:

في بداية الستينات قام العالم Nirenberg بإجراء تجربة مشهورة تم فيها إضافة 20 نوع من الأحماض الأمينية إلى وسط يحتوي على المكونات السيتوبلازمية الضرورية لتركيب البروتين وخال من المعلومات الوراثية (ADN أو ARN). أضيف لهذا الوسط الـ ARNm إصطناعي مكون فقط من قواعد اليوارسيل (متعدد U). أظهرت النتائج تشكل سلسلة متعدد ببتيد مكونة فقط من الحمض الأميني فينيل ألانين Phenylalanine (Phe). بنفس الطريقة أجريت تجارب أخرى تم في كل مرة استعمال الـ ARNm إصطناعي من نوع آخر (متعدد الأدنين أو متعدد السيتوزين... إلخ)، نتائج التجارب موضحة في الشكلين (أ وب) من الوثيقة (2).

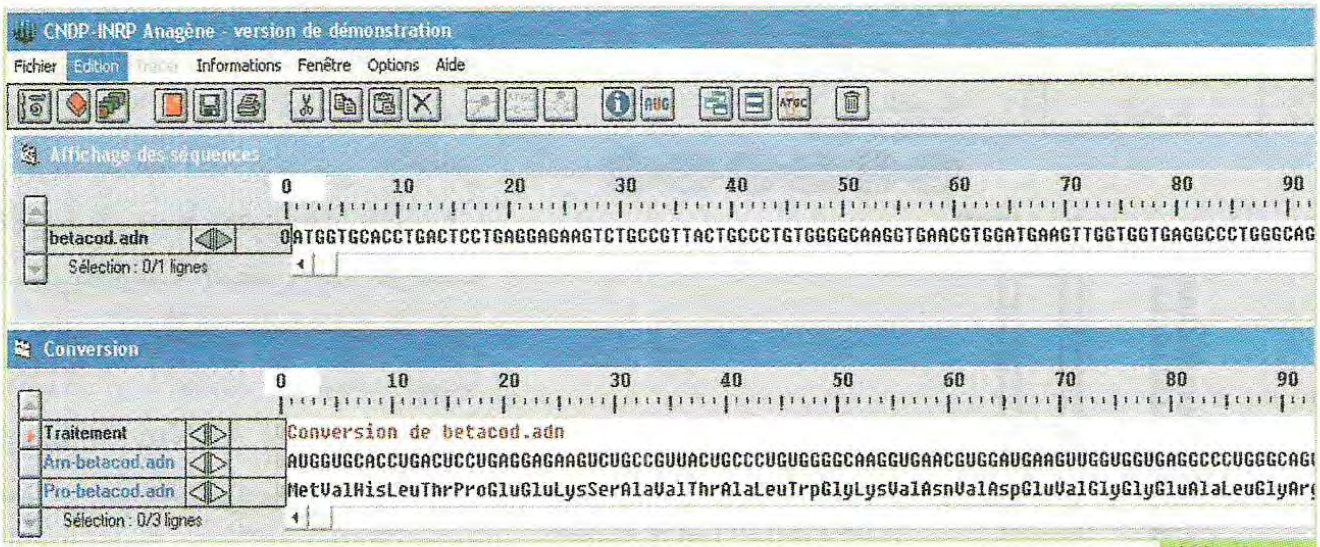

المرحلة الأولى من التجربة
المرحلة الثانية من التجربة
Phe Phe Phe Phe Phe Phe
(أ)
وسط يحتوي على المكونات السيتوبلازمية الضرورية لتركيب البروتين وخال من المعلومات الوراثية (ADN أو ARN)
ARNm اصطناعي
(ب)
متعدد A ← متعدد Lys
متعدد C ← متعدد Pro
متعدد G ← متعدد Gly
الوثيقة (2)

1. إشرح كيف يتم فك رموز الشفرة الوراثية اعتمادا على معطيات الوثيقة (2).
2. ماذا يمكنك استنتاجه من ذلك ؟
3. شكل باستعمال قطعة ARNm من اقتراحك، متعدد ببتيد مكون من 10 أحماض أمينية مستعينا بجدول الشفرة الوراثية

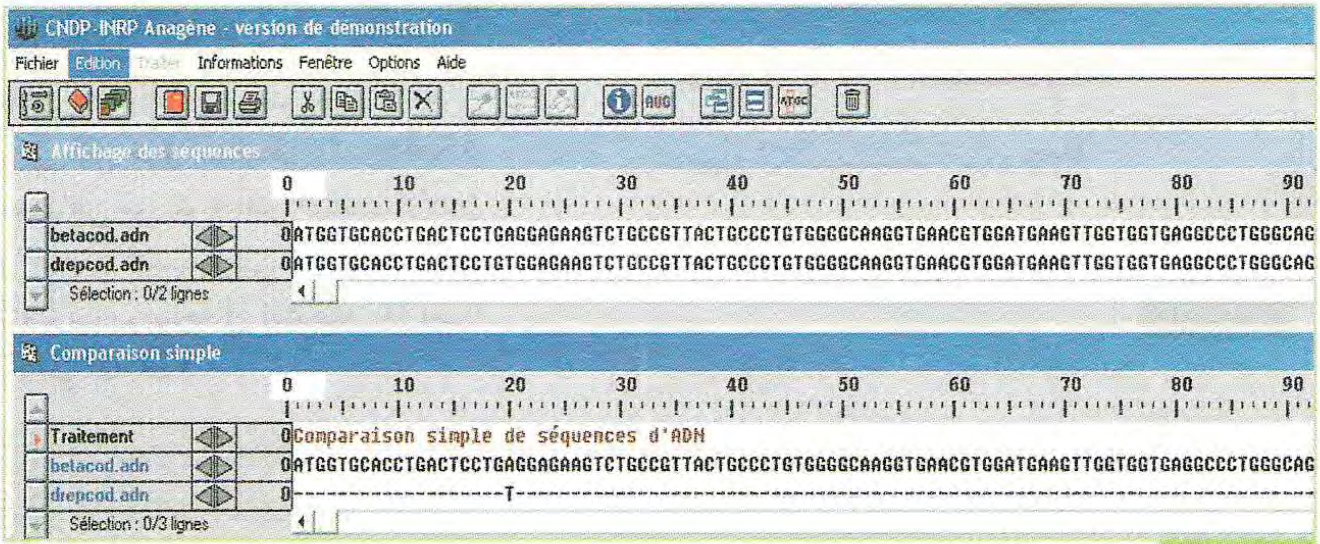
❷ تحليل مقارن لتتابع نيوكليوتيدات وتتابع أحماض أمينية باستعمال برنامج Anagène

تم باستعمال برنامج Anagène الحصول على نتائج تحويل تتابع نيوكليوتيدات في مستوى الـ ADN (النافذة العلوية) إلى تتابع للنيوكليوتيدات على مستوى الـ ARN ثم إلى تتابع لأحماض أمينية على مستوى سلسلة ببتيدية (الوثيقة 3).

كما تحتوي الوثيقة (4) على نتائج مقارنة تتابع نيوكليوتيدات في مورثتين للسلسلة β للهيموغلوبين إحداهما طافرة تم إجراءها باستعمال نفس البرنامج.



الوثيقة (3)



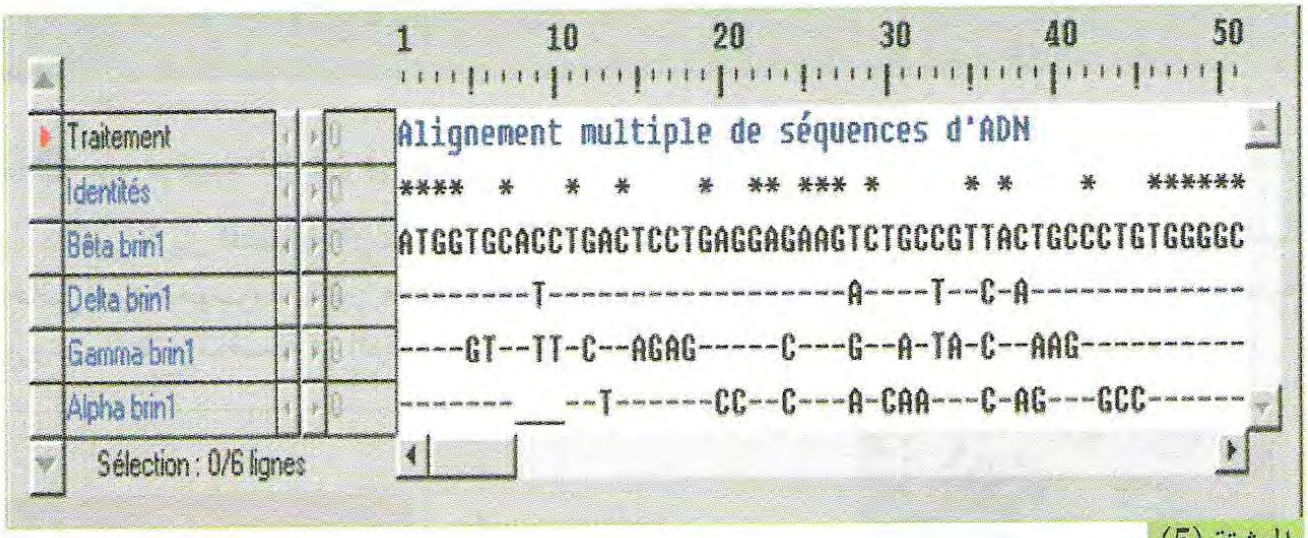
الوثيقة (4)

استغلال الوثائق:

1. هل تتوافق نتائج الوثيقة (3) مع ما توصلت إليه سابقا حول طريقة تحويل المعلومات الوراثية في عمليتي الاستنساخ والترجمة ؟ مع التعليل.
2. بماذا تفيد مقارنة تتابع النيوكليوتيدات لمورثات مختلفة والموضحة في الوثيقة (4) ؟

يمكن باستعمال البرنامج Anagène إجراء مقارنة متعددة لعدد من قطع ADN (مورثات) أو قطع من ARN أو لسلاسل ببتيدية. تظهر نتائج المقارنة أماكن ونسب التشابه والاختلاف في التتابع.

كما يمكن إجراء المقارنة بين بروتينات لها نفس الوظيفة لكنها من كائنات مختلفة. توضح الوثيقة (5) نتائج مقارنة جزء من سلسلة الـ ADN لأربعة مورثات خاصة بالسلاسل الببتيدية لبروتين الهيموغلوبين في المراحل الجنينية وبعد الولادة. مناطق التشابه بين السلاسل الأربعة موضحة بإشارة (*) بينما الإشارة (-) تظهر التشابه مع السلسلة الأصلية (الأولى).



الوثيقة (5)

- أحسب النسبة المئوية للتشابه بين أجزاء كل من المورثات (Delta, Gamma, Alpha) مع جزء المورثة (Beta). ماذا تستنتج ؟

معلومات مفيدة

التعريف بالبرنامج: Anagène هو برنامج يستعمل أساسا لعرض ومقارنة تتابع النيوكليوتيدات في ADN أو ARN أو تتابع الأحماض الأمينية في بروتين. كما يستعمل كذلك لإجراء الاستنساخ من ADN إلى ARN وإجراء الترجمة من ARN إلى سلسلة ببتيدية. يحتاج المستعمل إلى الحصول على البرنامج والحصول على الملفات التي تحتوي على المعطيات الخاصة بتتابع النيوكليوتيدات (بعضها موجود مع البرنامج). عادة ما تتوفر المعطيات في صورة ADN ليتم تحويلها ومقارنتها باستعمال البرنامج. يمكن الحصول على نسخة مجانية محدودة الاستعمال للتجريب من الموقع التالي: **http://www.cndp/fr/svt/anagene/accueil.htm**. بينما تباع النسخة الكاملة.

برنامج Anagène ليس البرنامج الوحيد في هذا المجال لكنه يتميز بكونه أسهل في طريقة الإستعمال خاصة في مستوى التعليم الثانوي.

النشاط 5

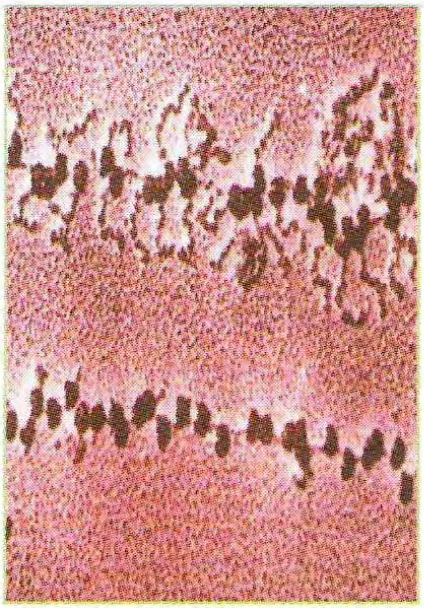
مراحل الترجمة

يتم تركيب البروتين (كما رأينا سابقا) في الهيولى، لكن الهيولى تحتوي على تراكيب وعضيات كثيرة ومتنوعة.

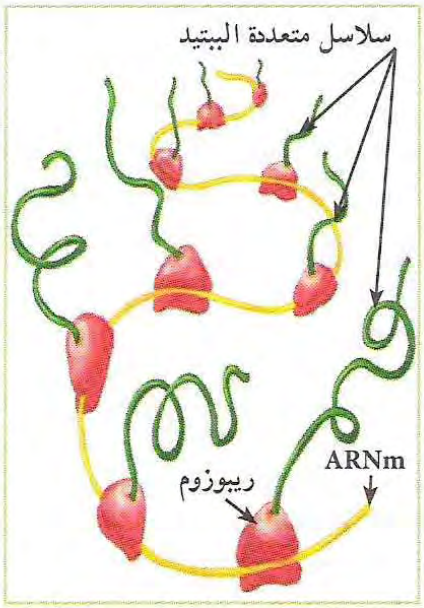
➢ فأين يتم تركيب البروتين في الهيولى ؟ وماهي التراكيب التي تساهم في هذه العملية ؟ وماهي مراحل حدوثها ؟

❶ مقر تركيب البروتين في الهيولى

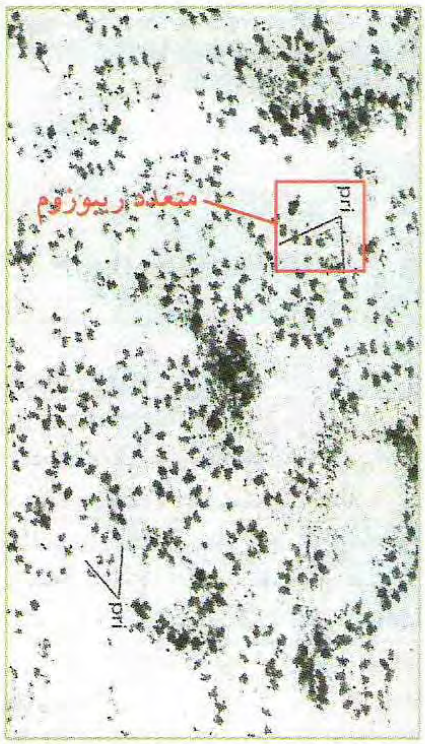
تم عن طريق التصوير الإشعاعي الذاتي تحديد مقر تركيب البروتين في هيولى الخلية بعد حقنها بأحماض امينية موسومة بنظير مشع. كما تم بالمجهر الإلكتروني أخذ صور بتكبير قوي لموقع تركيب البروتين النتائج موضحة في الوثيقة (1).



صورة بالمجهر الإلكتروني توضح عملية الترجمة



رسم تخطيطي لمتعدد الريبوزوم أثناء حدوث الترجمة



صورة اشعاع ذاتي توضح عملية الترجمة

الوثيقة (1)

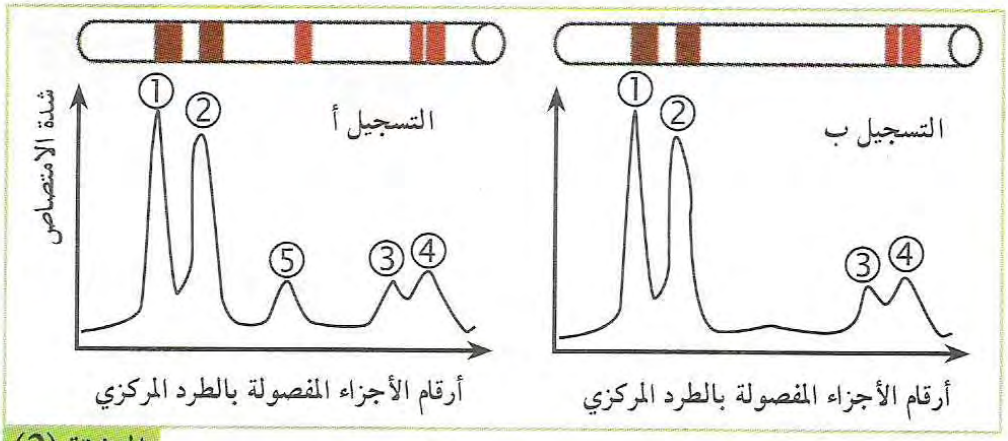
1. حدد العضيات المتدخلة في تركيب البروتين على مستوى الهيولى.
2. عرف متعدد الريبوزوم.
3. استنتج العلاقة بين متعدد الريبوزوم وكمية البروتين المصنعة.

❷ إثبات دور متعدد الريبوزوم

تم في تجربة دراسة كمية البروتين المصنعة في مستخلص خلوي يحتوي على كل مستلزمات الترجمة في وجود متعدد الريبوزوم حيث تم إضافة إنزيم ريبونيوكلياز (إنزيم خاص يفكك الـ ARNm). أظهرت نتائج التجربة اختفاء متعدد الريبوزوم وعدم تشكل البروتين.

• ماهي المعلومة التي يمكن استنتاجها من نتائج التجربة فيما يخص دور متعدد الريبوزوم ؟

❸ أنماط الـ ARN الهيولية



الوثيقة (2)

تبين التجربة الموضحة في الوثيقة (2) فصل الأحماض النووية الريبية (ARN) الهيولية بطريقة الطرد المركزي، وقياس كميتها أثناء فترة تركيب البروتين وخارج هذه الفترة، عن طريق قياس شدة امتصاص الضوء (تزداد شدة الامتصاص بزيادة الكمية). النتائج المتحصل عليها موضحة في الوثيقة (2).

كما أن دراسات أخرى حول خصائص الأنواع المختلفة من ARN الهيولية في الخلايا مكنت من الحصول على النتائج الموضحة في الوثيقة (3).

نوع الـ ARN	% من مجموع الـ ARN في الخلية	معامل الترسيب (S)	الوزن الجزيئي	عدد النيوكليوتيدات
الريبوزومي ARNr	80	23	1.2×10^6	3700
		16	0.55×10^6	1700
		5	3.6×10^6	111
الناقل ARNt	15	4	2.5×10^6	75
الرسول ARNm	5		مختلف	مختلف

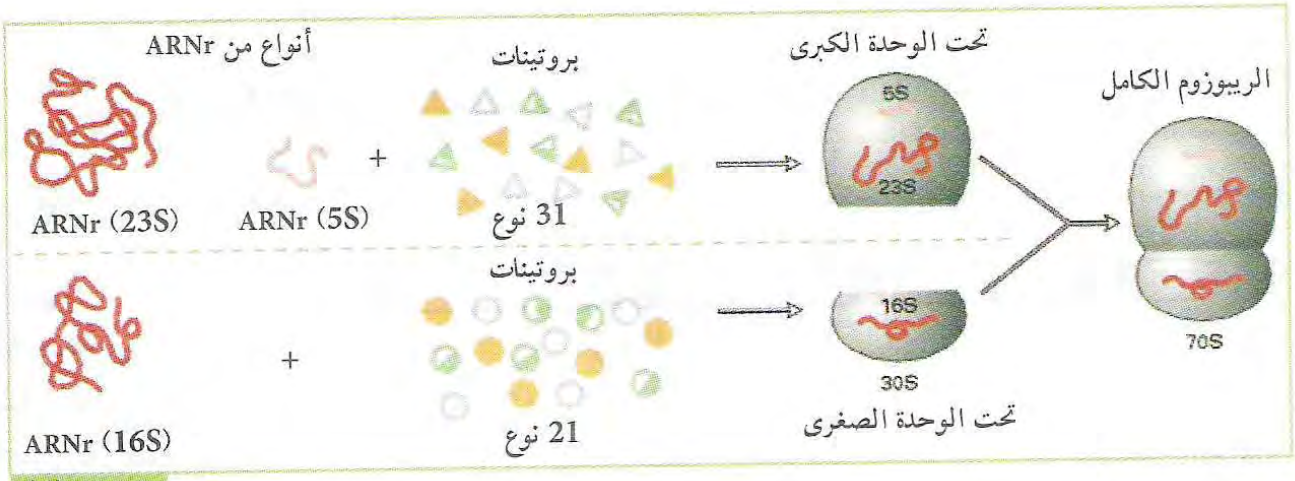
الوثيقة (3)

➲ استغلال الوثائق:

1. قدم تحليلا مقارنا للتسجيلين أ وب ؟ ماذا تستنتج ؟
2. بالاستعانة بمعطيات الوثيقة (4) حدد نوع الـ ARN في كل شوكة من الشوكات الخمسة ؟ علل إجابتك ؟
3. لماذا يكون عدد النيوكليوتيدات في الـ ARNm مختلف ؟

❹ بنية ومكونات الريبوزوم

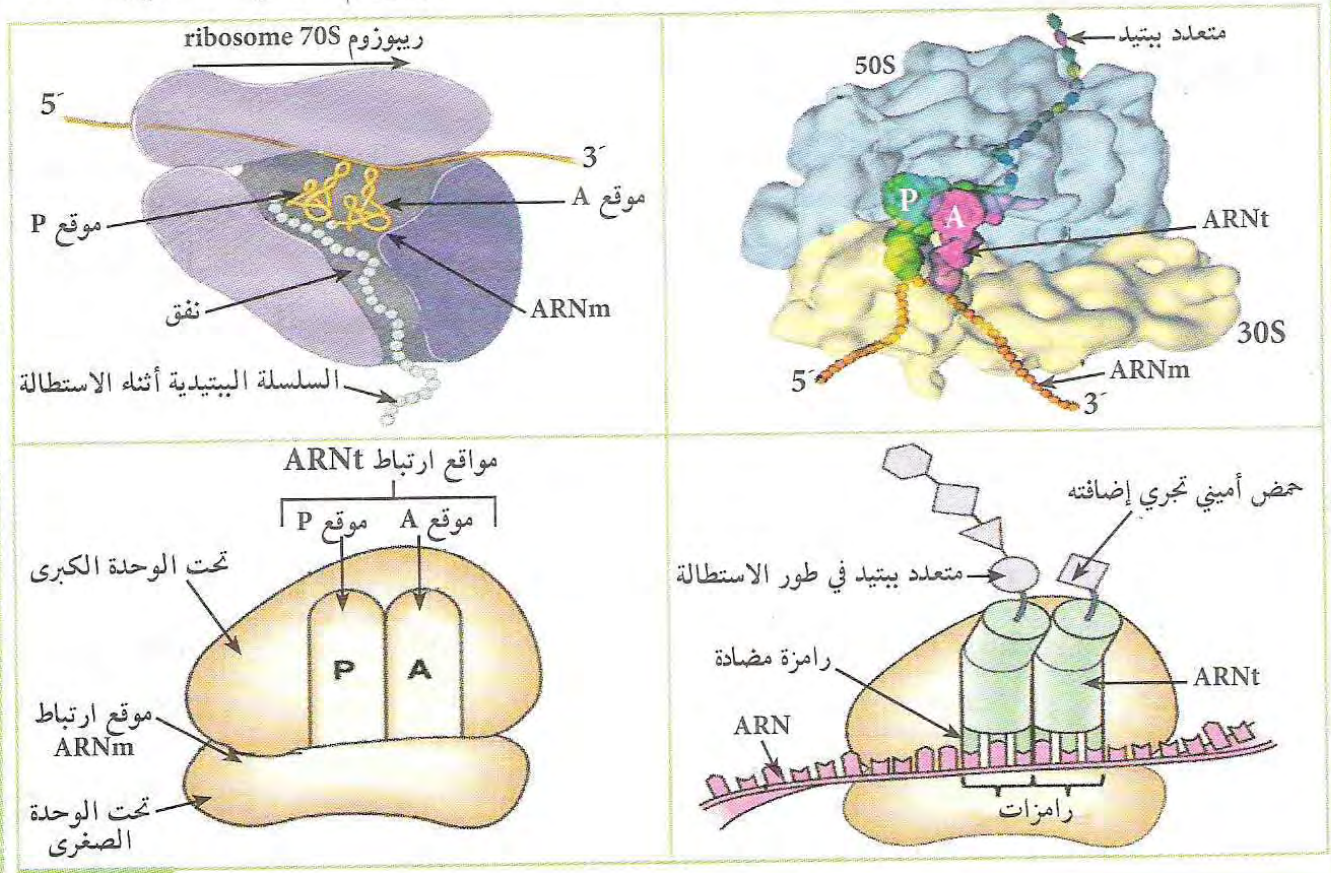
سمحت الدراسات المنجزة على الريبوزومات في البكتيريا بالحصول على الأشكال الموضحة في الوثيقة (3).



الوثيقة (3)

البنية الفراغية للريبوزوم:

توصلت الأبحاث والدراسات المتقدمة أيضا إلى تحديد البنية الفراغية للريبوزوم كما توضحه الوثيقة (4).



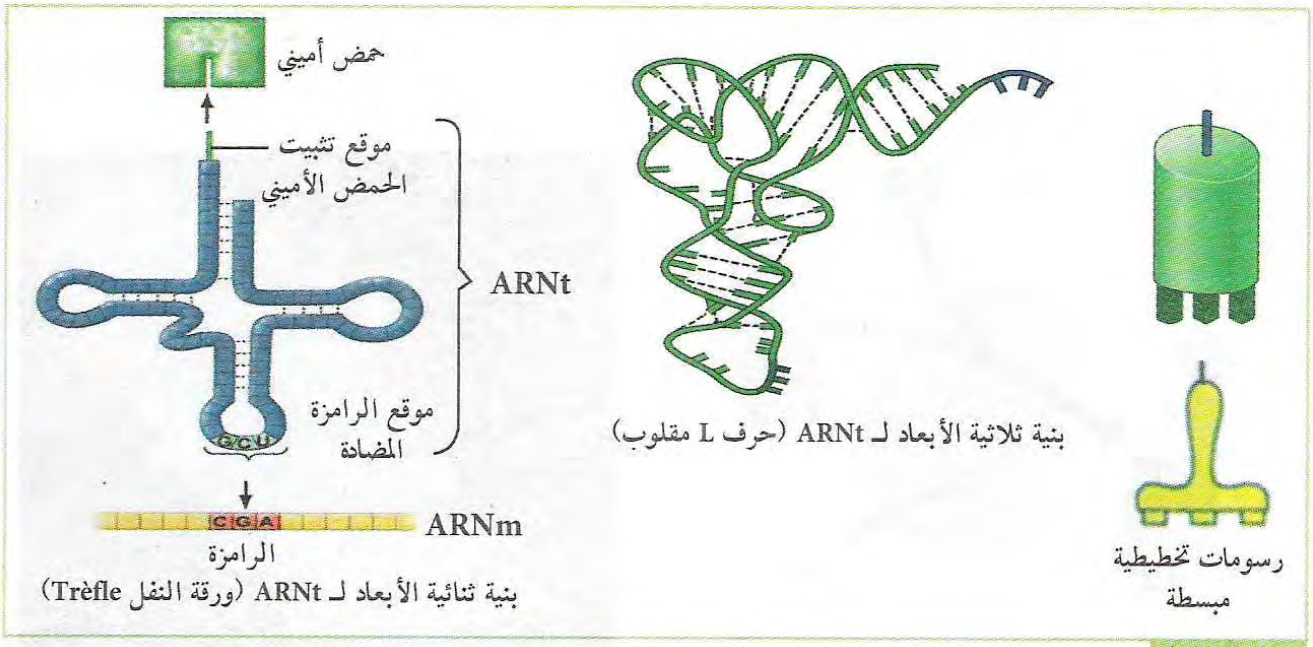
الوثيقة (4)

بالاعتمادا على معطيات الوثيقتين (3 و4):

1. استنتج الطبيعة الكيميائية للريبوزوم.
2. قدم وصفا لبنية الريبوزوم.

5 بنية ARNt

توضح الوثيقة (6) البنية الفراغية لـ ARNt والأشكال المختلفة لتمثيل هذه البنية بصورة بسيطة.

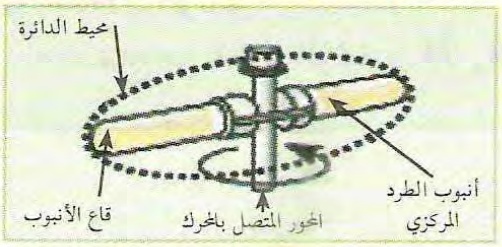


الوثيقة (6)

استغلال الوثائق:

1. من خلال الأشكال الموضحة في الوثيقة (6) استنتج الخصائص المشتركة بين الصور المختلفة لتمثيل بنية ARNt ؟
2. باستعمال البنية المختصرة لـ ARNt وبالاستعانة بجدول الشفرة الوراثية (الوثيقة 1 من النشاط 3)، أرسم بنية ARNt مع تحديد رامزته المضادة للأحماض الأمينية التالية: Ala، Pro، His وVal.

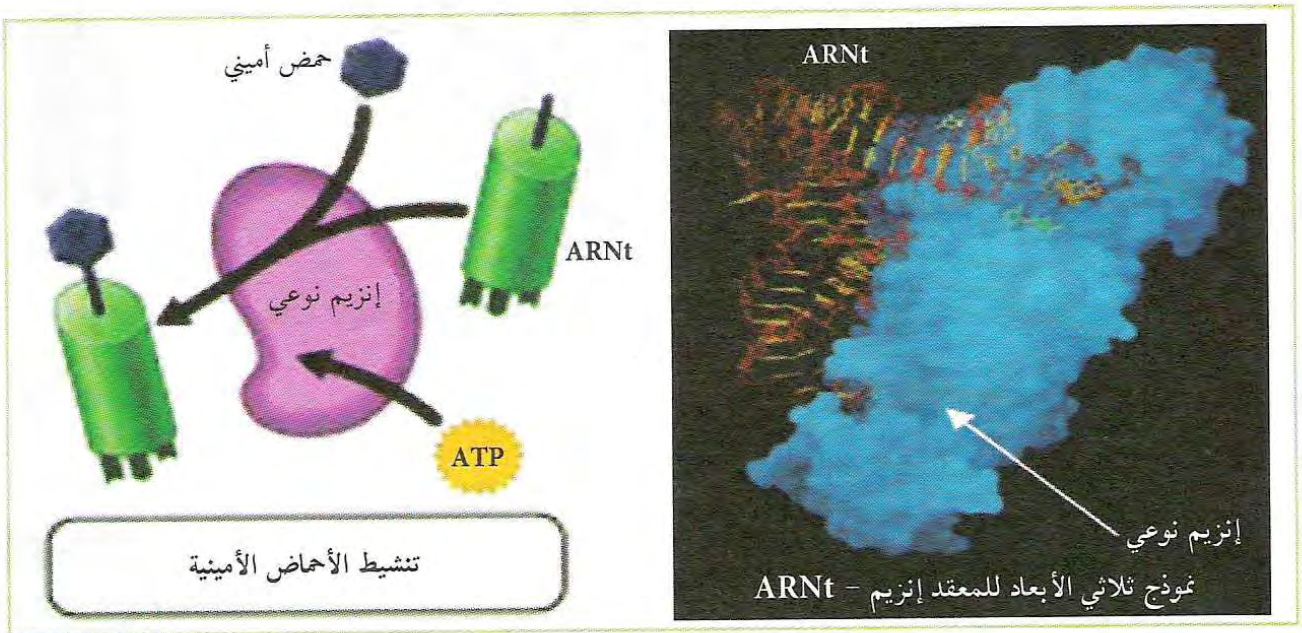
معلومات مفيدة



تقنية الطرد المركزي: تتم بواسطة جهاز مكون من محرك متصل بمحور يدور بسرعات مختلفة ويحمل عددا من الأنابيب تحوي بداخلها محاليل يراد فصل مكوناتها حسب الكثافة (الثقل)، حيث تتجه الأجزاء الأكثر كثافة بسرعة أكبر نحو قاع أنبوب الطرد المركزي الذي يتواجد في محيط الدائرة أثناء الدوران. تستعمل هذه الطريقة لفصل مكونات المحلول المنحلة وغير المنحلة أو فصل مكونات الخلية بعد سحقها، كما تستعمل لفصل الجزيئات الكبيرة عن بعضها مثل فصل أنواع من البروتينات أو أنواع من الأحماض النووية حسب اختلاف كثافتها. وقد استعملت تاريخيا في فصل ADN الثقيل عن الخفيف لإثبات التضاعف نصف المحافظ. ويستعمل معامل الترسيب (S) للدلالة على الثقل نسبة إلى العالم Svedburg الذي اقترحها (كلما كان رقم (S) كبيرا كلما دل ذلك على زيادة في الكثافة وكلما اتجه بسرعة نحو قاع الأنبوب).

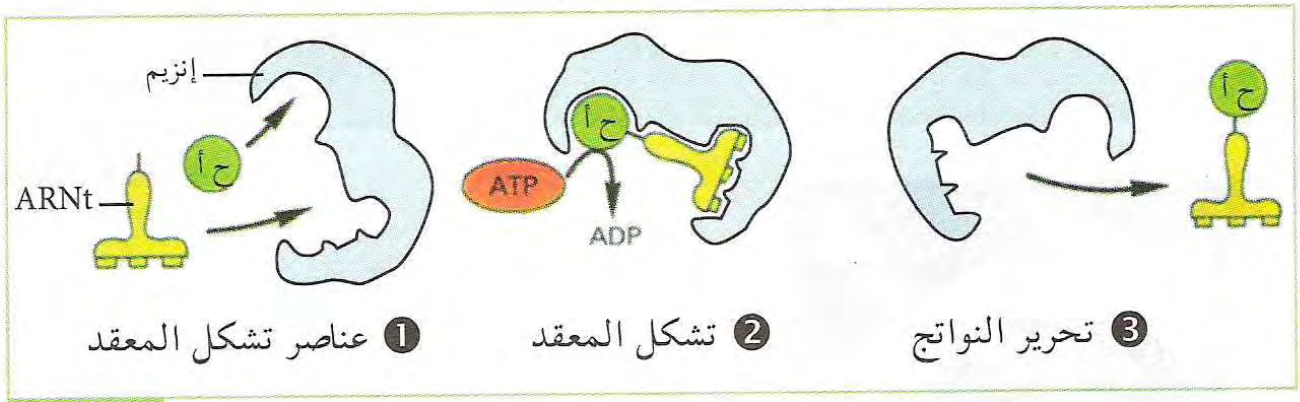
❻ تنشيط الأحماض الأمينية

تتطلب عملية الترجمة ربط الحمض الأميني بـ ARNt الخاص به وهو ما يعرف بعملية تنشيط الأحماض الأمينية. توضح الوثيقة (7) آلية تنشيط الأحماض الأمينية في الهيولى إلى جانب البنية الفراغية للمعقد (إنزيم – ARNt.



الوثيقة (7)

يمكن توضيح مراحل تنشيط الحمض الأميني في الوثيقة (8)



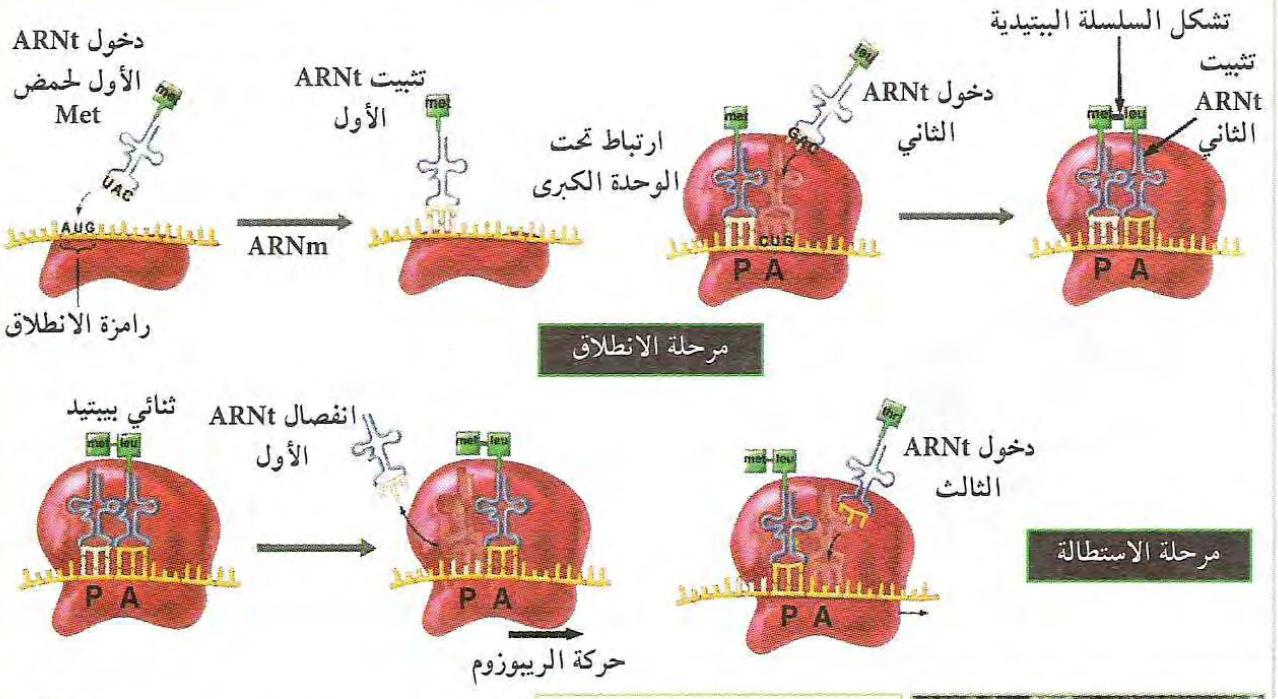
الوثيقة (8)

استغلال الوثائق:

- **استنتج من خلال الوثيقتين (7 و8) العناصر اللازمة لتنشيط الاحماض الأمينية ودور كل منها ؟**

❼ مراحل حدوث الترجمة

توصلت الدراسات المختلفة في سنوات الستينات إلى تحديد آليات حدوث عملية الترجمة والمراحل المختلفة لحدوثها كما هو موضح في الوثيقة (9).



صورة بالمجهر الإلكتروني توضح متعدد الريبوزوم في حالة نشاط

رسم تخطيطي يوضح مراحل الترجمة في متعدد الريبوزوم

الوثيقة (9)

استغلال الوثائق:

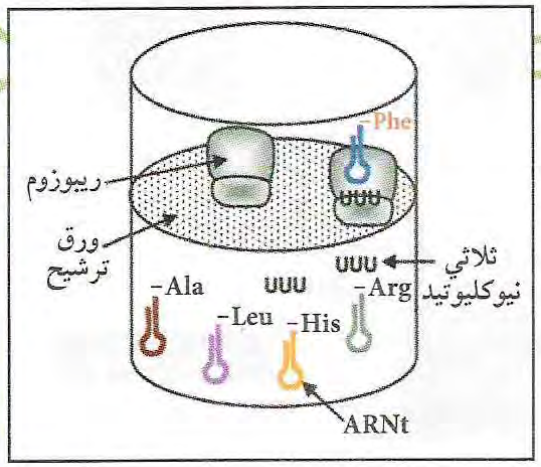
من خلال الوثيقة (9):

1. استنتج العناصر الضرورية لانطلاق عملية الترجمة ؟
2. حدد الظواهر التي تحدث في نهاية الترجمة.
3. صف في نص علمي مراحل الترجمة.

❽ نمذجة لمرحلة الترجمة

يجري هذا النشاط في المخبر باستعمال وسائل ومواد بسيطة (ورق مقوى بألوان مختلفة، مقص، غراء، كرات بألوان مختلفة، أسلاك .....) حيث يقوم التلاميذ بإنتاج نماذج للعناصر الداخلة في عملية الترجمة (ريبوزومات، ARNt، ARNm، أحماض أمينية ...إلخ) وتركيبها لإنتاج نماذج توضح مراحل عملية الترجمة. النماذج المنجزة تتفق مع المعارف المبنية سابقا والتي تخص:

- بنية ARNt.
- بنية الريبوزوم.
- بنية ARNm.
- آلية حدوث الترجمة.



فك رموز الشفرة الوراثية:

تمثل الوثيقة التالية سلسلة التجارب التي قام بها العالم Marshall Nirenberg ومساعدوه في 1964 تم فيها تحضير 20 مستخلص بكتيري يحتوي كل منها على 20 نوع من ARNt مرتبطة بـ 20 نوع من الأحماض الأمينية واحد منها مشع (لون أحمر). تمت إضافة ثلاثي نيوكليوتيد واحد من نفس النوع إلى كل مستخلص. عند الترشيح عبر ورق نتروسللوز تعبر ARNt المرتبطة بـالأحماض الأمينية كما تعبر ثلاثيات النيوكليوتيد الحرة بينما لا يمكن للريبوزومات العبور نظرا لحجمها الكبير سواء كانت هذه الريبوزومات حرة أو مرتبطة مع ARNt وثلاثي النيوكليوتيد. وجود الإشعاع على ورق الترشيح يدل أن ثلاثي النيوكليوتيد قد ارتبط بالريبوزوم وARNt ومنه يمكن تحدد الحمض الأميني الموافق لثلاثي النيوكليوتيد المستعمل. تم تكرار التجربة مع تغيير نوع النيوكليوتيد الثلاثي من بين الاحتمالات الأخرى الممكنة.

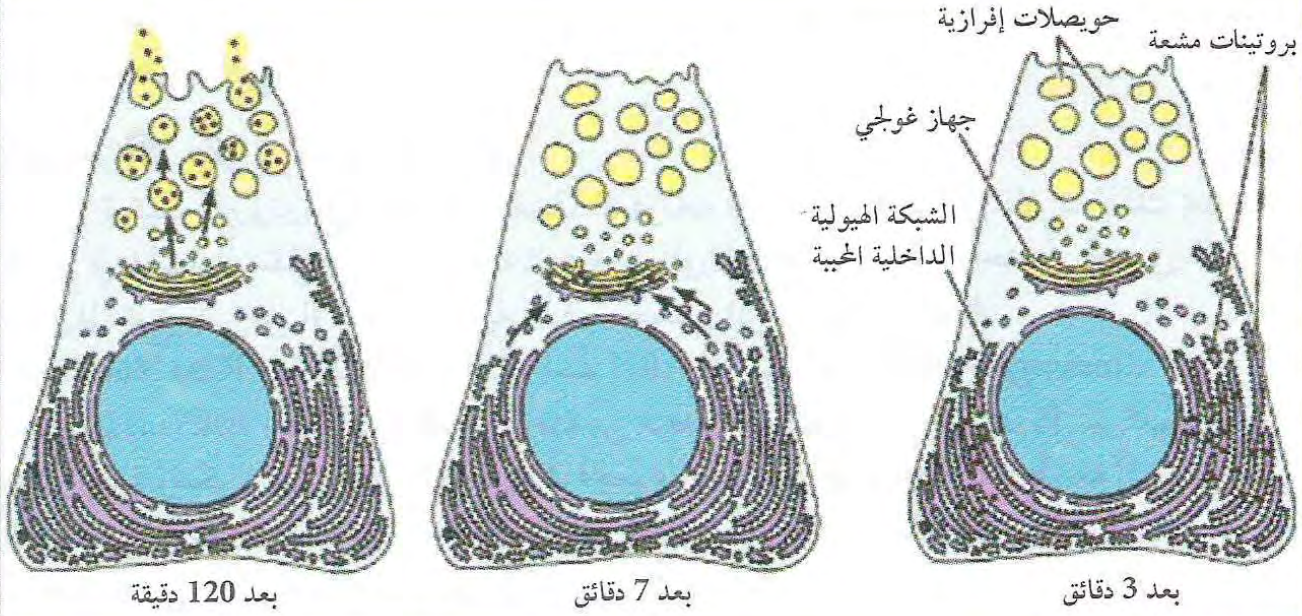
* انطلاقا من المعارف المبنية في النشاطات السابقة انجز رسما تخطيطيا تحوصل فيه عملية تركيب البروتين

❾ مصير البروتين بعد تركيبه

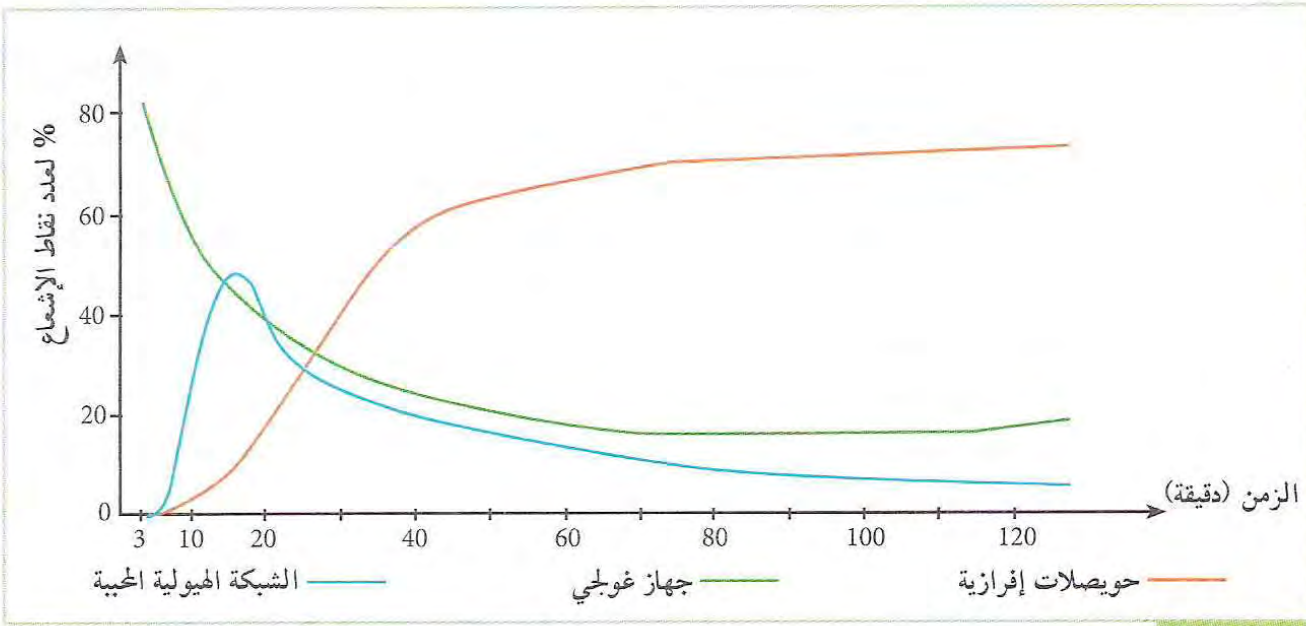
بعد الإنتهاء من تركيب البروتين على مستوى الريبوزومات وبعد نضجه يتم توجيهه نحو المكان الذي سوف يقوم فيه بأداء وظيفته داخل أو خارج الخلية.

لإظهار مصير أحد أنواع البروتينات التي يتم تركيبها في مستوى الخلايا العنقودية للبنكرياس تم في تجربة تحضين قطع من نسيج بنكرياس لمدة 3 دقائق في وسط يحتوي على الحمض الأميني لوسين Leucine المشع، حولت القطع بعد ذلك إلى وسط به أحماض أمينية عادية وتم التخلص من كل اللوسين المشع المتبقي. ثم أخذ عينات من النسيج بعد فترات متفاوتة من التحضين واخضعت التصوير الإشعاعي الذاتي لتحديد أماكن وجود الإشعاع داخل وخارج الخلايا النتائج موضحة في

الوثيقة (10). كما توضح الوثيقة (11) التمثيل البياني للنتائج الكمية لنسبة النقاط السوداء (نقاط لإشعاع) في 3 مناطق مختلفة من الخلية مقارنة بالعدد الكلي لنقاط الإشعاع في الخلية.



الوثيقة (10)



الوثيقة (11)

استغلال الوثائق:

1. من خلال تحليل صور الوثيقة (10) والرسم البياني للوثيقة (11) حدد ترتيب العضيات الخلوية التي يتواجد فيها البروتين ؟
2. ما هو الغرض من تواجد البروتين في كل عضية ؟

الحصيلة المعرفية

النشاط ❶: التذكير بالمكتسبات

تتواجد جزيئة ADN داخل النواة (عند حقيقيات النواة) وتحمل هذه الجزيئة المعلومات الوراثية لتركيب بروتين. تكون المعلومات الوراثية منظمة في صورة مورثات يؤدي التعبير عنها إلى تركيب بروتينات وهي مصدر النمط الظاهري للفرد.

النشاط ❷: مقر تركيب البروتين

يتم تركيب البروتين في الهيولى باستعمال المعلومات الوراثية المتواجدة في النواة. لذلك يحتاج التعبير المورثي في الخلية إلى نقل نسخة من هذه المعلومات الوراثية الخاصة بمورثة واحدة أو أكثر في صورة جزيئة تنتمي إلى نوع ثاني من الأحماض النووية يعرف بالحمض الريبي النووي ARN.
(Acide Ribo Nucléique) ويطلق عليها اسم ARN الرسول أو ARNm (messager).

يتكون الـ ARN عموما من سلسلة واحدة من متعدد النيوكليوتيدات. تتكون كل نيوكليوتيدة من اتحاد قاعدة آزوتية وسكر ريبوز وحمض الفسفوريك (مجموعة فسفات). يتواجد في ARN أربعة أنواع من القواعد الآزوتية هي: الأدنين والغوانين والسيتوزين واليوراسيل (U , C , G , A). تعتبر قاعدة U مميزة للـ ARN، لذلك تستعمل عادة لتمييز ARN عن ADN المحتوي على قاعدة T بدل U.

يتم التعبير عن المعلومات الوراثية التي توجد على مستوى جزيئة الـ ADN في مرحلتين: مرحلة الاستنساخ (عند حقيقيات النواة) تتم في النواة، ومرحلة الترجمة تتم في الهيولى.

النشاط ❸: استنساخ المعلومات الوراثية الموجودة على مستوى الـ ADN

يتم فيها تركيب جزيئة ARNm في النواة ثم تخرج بعد ذلك إلى الهيولى لغرض نقل نسخة من المعلومات الوراثية من النواة إلى الهيولى. يتم الإستنساخ بواسطة إنزيم نوعي يدعى ARN بوليمراز. يمكن لعدة إنزيمات من ARN بوليمراز أن تستنسخ مورثة واحدة في آن واحد مما يسرع من عملية الإستنساخ.

تمر عملية الإستنساخ بثلاثة خطوات وهي:

أ) الانطلاق: وفيها يرتبط الإنزيم ARN بوليمراز بمنطقة بداية المورثة ويقوم بفتح سلستي ADN بعد تكسير الروابط الهيدروجينية. يبدأ الإنزيم بقراءة تتابع القواعد على إحدى سلسلتي ADN وربط النيكليوتيدات الموافقة لها لتركيب سلسلة من ARN. تعرف سلسلة ADN التي يتم استنساخها بالسلسلة المستنسخة.

ب) الاستطالة: وفيها ينتقل الإنزيم ARN بوليمراز على طول المورثة لقراءة المعلومات على جزيء ADN وربط نيوكليوتيدات ARN وفق تتابعها في سلسلة ADN.

ج) النهاية: وفيها يصل الإنزيم إلى نهاية المورثة حيث تتوقف استطالة ARNm الذي ينفصل عن ADN وينفصل الإنزيم وتلتحم سلستي ADN من جديد.

يدعى ARNm الناتج بعد الاستنساخ مباشرة بـ ARN ماقبل الرسول premessager أو ARNm الأولي، حيث يتم في النواة حذف بعض القطع منه ليتحول إلى ARNm ناضج أقل طولا. يخرج ARNm الناضج من النواة إلى الهيولى لغرض الدخول في المرحلة الثانية من عملية تركيب البروتين وهي مرحلة الترجمة.

تعرف القطع المنزوعة من ARNm الأولي بالقطع غير الدالة Introns (لأنها لا تترجم إلى أحماض امينية) بينما تسمى القطع المتبقية والموجودة على ARNm الناضج بالقطع الدالة Exons (لأنها تترجم إلى أحماض أمينية). هذه الظاهرة غير موجود في الخلايا أوليات النواة مثل البكتيريا وهي موجودة فقط في الخلايا حقيقيات النواة.

النشاط ❹: الترجمة

يتم فيها التعبير عن تتابع النيوكليوتيدات على ARNm (الشفرة الوراثية أو اللغة النووية) إلى تتابع أحماض أمينية في شكل سلسلة ببتيدية (لغة بروتينية).

وحدة الشفرة الوراثية هي الرامزة والتي تتكون من تتابع لثلاثة نيوكليوتيدات تشفر لحمض أميني واحد في البروتين. عدد الرامزات الثلاثية المتكونة انطلاقا من 4 أنواع من القواعد هي 64 رامزة يقابلها 20 حمض أميني في البروتينات.

تشفر 61 رامزة من مجموع 64 لأحماض أمينية. بعض الأحماض الأمينية تشفر بأكثر من رامزة واحدة (رامزتان أو 3 أو 4 أو 6) ماعدا المثيونين Met والتربتوفات Trp اللذان يتم تشفيرهما برامزة واحدة فقط. حيث تشفر AUG للميثيونين وهي أول رامزة يتم ترجمتها لذلك تسمى رامزة الانطلاق. كما تشفر الرامزة UGG للحمض الأميني التربتوفان.

يتم ربط الأحماض الأمينية لتشكيل سلسلة ببتيدية على مستوى الريبوزومات التي تكون عادة متجمعة في وحدة واحدة تدعى متعدد الريبوزوم أو البوليزوم polysome. حيث تسمح القراءة المتزامنة لنفس ARNm من طرف عدة ريبوزومات بزيادة كمية البروتينات المصنعة.

تتطلب عملية الترجمة كذلك تدخل نوع آخر من ARN يدعى ARN الناقل أو ARNt الذي يقوم بنقل الأحماض الأمينية من الهيولى إلى الريبوزومات. يتكون ARNt من سلسلة واحدة من متعدد نيوكليوتيد تلتف لتأخذ شكلا محددا (شكل ورقة النقل أو شكل حرف L مقلوب). يتضمن جزيء ARNt موقعين لهما دور مباشر في عملية الترجمة: موقع ارتباط الحمض الأميني وموقع الرامزة المضادة Anticodon.

تعرف عملية ربط الحمض الأميني بـ ARNt الخاص به بعملية تنشيط الحمض الأميني وتتطلب تدخل إنزيم نوعي وطاقة في صورة ATP.

تعتبر الريبوزومات مقر تركيب البروتين وتتكون في أوليات النواة مثل البكتريا من تحت وحدتين: تحت وحدة صغيرة وتحت وحدة وكبيرة. تتكون كل تحت وحدة من نوع آخر من الحمض الريبي النووي يدعى ARN الريبوزومي (ARNr) بالإضافة إلى عدد من البروتينات.

يحتوي الريبوزوم على موقعين لتثبيت ARNt: موقع الحمض الأميني (موقع A) وموقع الببتيد (موقع P). كما يحتوي الريبوزوم على نفق في تحت الوحدة الكبرى لخروج السلسلة الببتيدية ونفق بين تحت الوحدتين لتوضع ARNm يسمح بإنزلاق وتنقل الريبوزوم على خيط ARNm.

النشاط ❺: مراحل الترجمة

تتضمن الترجمة 3 خطوات وهي:

أ) الانطلاق: وتتطلب ارتباط ARNm بتحت الوحدة الصغرى للريبوزوم وتوضع ARNt الخاص بالحمض الأميني ميثيونين Met على رامزة الإنطلاق AUG في ARNm في الموقع P للريبوزوم. يتم تعرف ARNt

على الرامزات الثلاثية الموجودة على ARNm عن طريق الرامزة المضادة. ترتبط تحت الوحدة الكبرى ويشتكل بذلك معقد الإنطلاق. يتم توضع ARNt الحامل للحمض الأميني الثاني في الموقع A للريبوزوم وفق الرامزة الثانية على جزيء ARNm. يتم تكوين الرابطة الببتيدية بين الحمض الأميني الأول والثاني بتدخل إنزيمات خاصة وطاقة. ينفصل الحمض الأميني الأول عن ARNt الذي ينفصل بدوره عن الموقع P للريبوزوم.

ب) الإستطالة: ينتقل الريبوزم خطوة واحدة (رامز واحدة على الـ ARNm) مما يؤدي إلى تواجد ARNt الحامل لثنائي الببتيد في الموقع P ويصبح الموقع A فارغا لاسقبال ARNt الحامل لحمض أميني آخر حيث تبدأ دورة جديدة تؤدي إلى ربط حمض أميني ثالث وهكذا تستطيل السلسلة الببتيدية بمقدار حمض أميني واحد في كل خطوة (دورة).

ج) النهاية:وفيها يصل الريبوزوم إلى رامزة التوقف (UAA، UAG أو UGA) على جزيء الـ ARNm عندها تنفصل السلسلة الببتيدية المتكونة وينفصل الـ ARNt الأخير وتنفصل تحت وحدتي الريبوزم عن بعضهما.

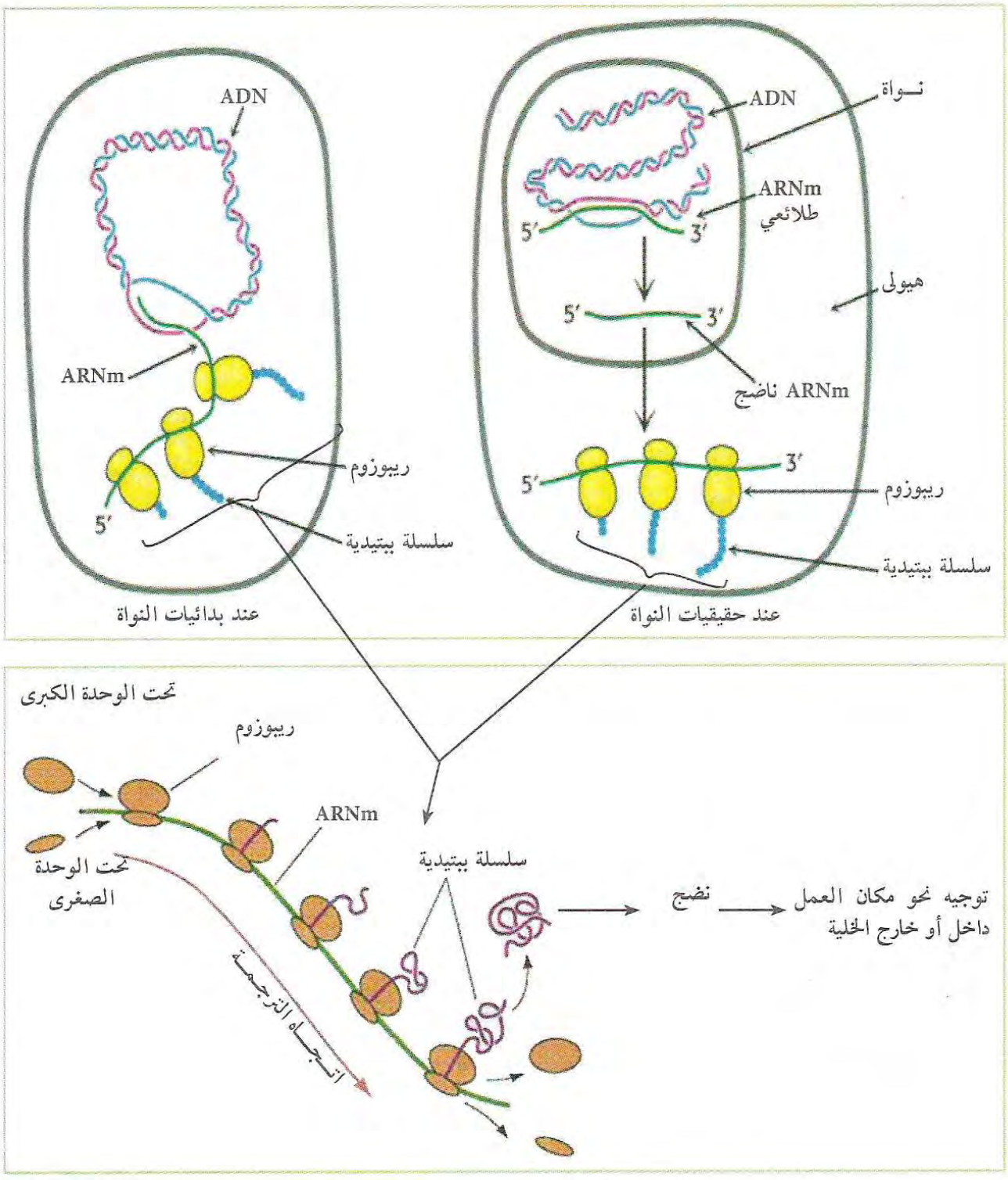
يمكن لهذا الريبوزوم أو لريبوزم آخر أن يعيد الدورة وينطلق في تشكيل سلسلة ببتيدية أخرى.

مصير البروتين بعد تركيبه: يتم تركيب البروتين على البوليزوم الذي يتواجد في الهيولى أو متصلا بالشبكة الهيولية. حيث ينطوي البروتين بعد تركيبه وينضج ويوجه نحو المقر الذي يؤدي فيه وظيفته داخل أو خارج الخلية.

ومن أمثلة البروتينات المصنعة التي يتم توجيهها خارج الخلية هي البروتينات الإفرازية كالأنسولين والكازيين. حيث تدخل بعد تركيبها إلى الشبكة الهيولية الفعالة تنتقل بعدها عن طريق الحويصلات إلى جهاز غولجي ومنها إلى الحويصلات الإفرازية التي تنتقل إلى الغشاء الهيولي وتندمج معه محررة محتوياتها خارج الخلية.

يتم تركيب البروتين في أوليات النواة مثل البكتريا في مرحلتين تتمان في نفس المكان (لعدم وجود نواة واضحة الحدود) وفي آن واحد. لذلك يمكن للمرحلة الثانية (الترجمة) أن تنطلق قبل انتهاء المرحلة الأولى (الاستنساخ). عند حقيقيات النواة مثل الإنسان والحيوان والنبات ، لا يمكن للمرحلتين الحدوث في مكان واحد وفي آن واحد نظرا لوجود غشاء نووي يفصل النواة عن الهيولي.

مخطط تحصيلي لعملية تركيب البروتين

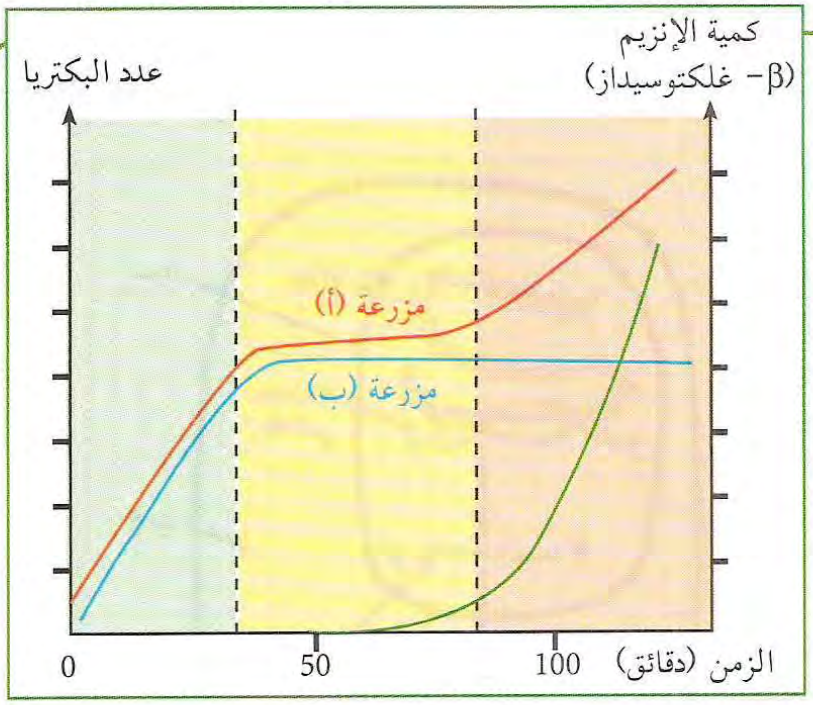


رسم تخطيطي يلخص مراحل الترجمة

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1

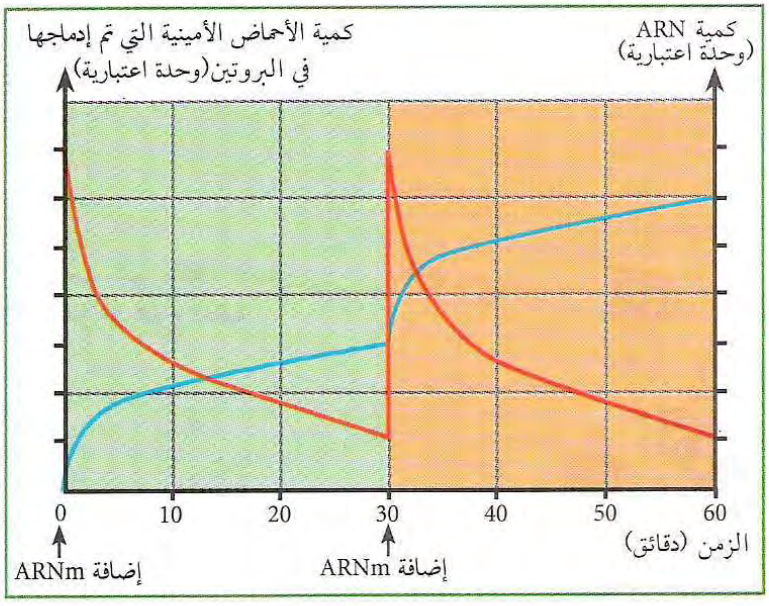
تمت تنمية سلالتين من البكتيريا، إحداهما طافرة تنتميان لنفس النوع، في مزرعتين (أ وب) يحتويان نفس المغذيات (أملاح معدنية + كمية محدودة من الغلوكوز واللكتوز). بعد مدة من الزمن تم قياس عدد البكتريا في المزرعتين (أ وب) كما تم قياس كمية إنزيم اللكتاز (β - غلكتوسيداز). لم يلاحظ ظهور الإنزيم إلا في المزرعة (أ). نتائج التجربة موضحة في منحنى الوثيقة.



1. حلل المنحيات ؟
2. قدم تفسيرا لتطور عدد البكتريا في المزرعتين.
3. اقترح فرضية تربط فيها بين النتائج المتحصل عليها والتعبير المورثي (الاستنساخ).
4. ماذا تتوقع أن يكون شكل المنحنيين في حالة وجود الغلوكوز فقط بكمية غير محدودة، إنجز المنحنيين.

التمرين 2

في أنبوبة إختبار محتوية على العناصر الضرورية لتركيب البروتين (استخلصت وفصلت من بكتيريا)، تم إضافة أحماض أمينية موسومة بعنصر مشع وكميات قليلة من ARN عند الزمن 0 و30 دقيقة. تم قيست بعد ذلك كمية ARN وكمية الإشعاع في البروتينات عن طريق ترسيبها بتقنية خاصة حيث تبقى الأحماض الأمينية الحرة طافية. النتائج موضحة في منحنى الوثيقة.

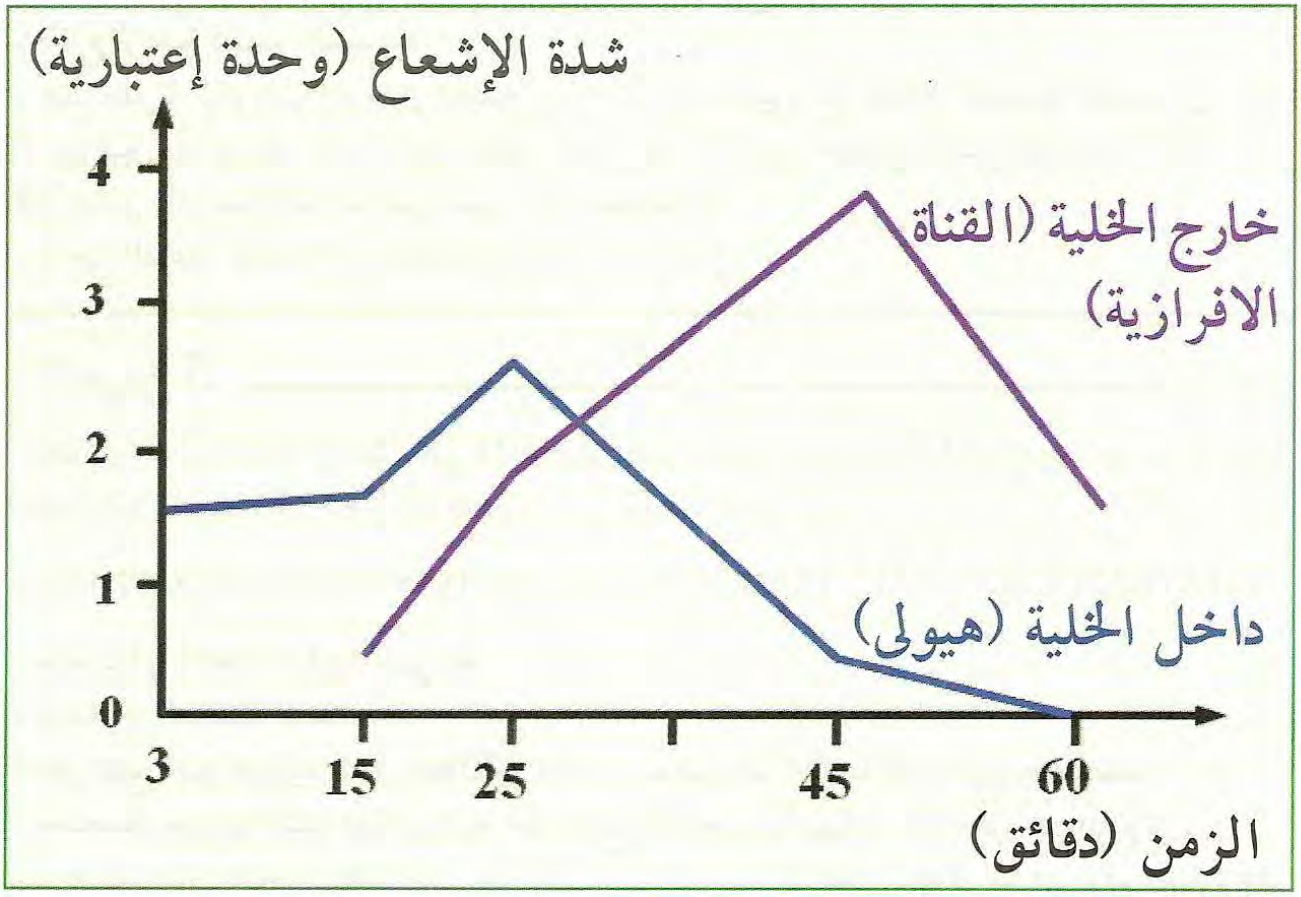


1. حلل المنحنيين. ماذا تستخلص فيما يخص دور جزيئة ARN ؟
2. تبين نتائج التجربة إحدى خصائص جزيئة ARN ما هي ؟ علل إجابتك ؟
3. علل عدم إمكانية تركيب البروتين من طرف خلية منزوعة النواة إلا لفترة دقائق معدودة فقط ؟

التمرين 3

يتم إفراز الحليب من طرف الغدد اللبنية عند الثدييات التي تقوم بتركيب بروتين الكازيين المتواجد في الحليب. لدراسة آلية تركيب الكازيين في الغدد الثديية، تم وضع نسيج من الغدد الثديية للنعجة في وسط يحتوي على لوسين مشع لمدة 3 دقائق حولت بعدها إلى وسط يحتوي على أحماض أمينية غير مشعة. أخذت عينات من النسيج في الفترات الزمنية التالية: 3، 15، 25، 45، 60 دقيقة.

قياس شدة الإشعاع داخل إحدى الخلايا موضحة في منحنى الوثيقة التالية، كما يوضح الجدول الموالي تتابع النيوكليوتيدات في جزء من مورثة الكازيين في السلسلة غير المستنسخة عند النعجة والبقرة.



تتابع القواعد عند النعجة	CCA	CAT	CAA	TTA	AAC	CTT	GTT	CTT	GCC
تتابع القواعد عند البقرة	CCA	CAT	CAA	TTG	AAT	CTT	AAT	CTC	TCC

1. مثل تتابع الأحماض الأمينية في جزء من البروتين لكل من النعجة والبقرة، اعتمادا على المعلومات المقدمة وجدول الشفرات الوراثية.
2. قارن تتابع الأحماض الأمينية في كازيين كل من النعجة والبقرة، ماذا تستنتج ؟
3. علل بدقة نتيجة المقارنة.
4. حلل المنحنى، ماذا تستنتج فيما يخص تطور الإشعاع ؟

التمرين 4

عزلت مورثة خاصة لبروتين غشائي يعمل في البرامسيوم (كائن أحادي الخلية) ثم ادخلت إلى خلية أرنب لكي تقوم بتركيب هذا البروتين. أظهرت النتائج أن خلايا الأرنب لا يمكنها تصنيع البروتين الكامل ولكن قطع ببتيدية قصيرة فقط. لمحاولة تفسير النتائج قام الباحثون بدراسة تتابع القواعد في جزء من السلسلة المستنسخة تقع في بداية المورثة فكانت النتائج كالتالي:

TAT TTC TCC ATG CCG CTC ATT GGT GCA CGA

1. باستعمال جدول الشفرات الوراثية، وضح لماذا لا تستطيع خلايا الأرنب تركيب البروتين الكامل ؟
2. اقترح فرضية لتفسير السبب ؟
3. عند مقارنة مكونات البروتين المصنع في خلايا البرامسيوم مع القطع الببتيدية المصنعة في خلايا الأرنب تبين أن بروتين البرامسيوم يحتوي على عدد أكبر من الحمض الأميني غلوتامين (Gln). هل يمكن تدقيق الفرضية السابقة على ضوء هذه المعلومات ؟
4. ما هي القاعدة العامة التي تخالفها نتائج هذه الدراسة ؟

التمرين 5

يحتوي أحد بروتينات الإنسان على 302 حمض أميني تم عزل سلسلة ADN في جزء من بداية المورثة للسلسة غير المستنسخة الحاملة للمعلومات الوراثية لهذا البروتين:

GGTATGATCCAGCAAACCTAACGATGTAACAACTCCGCACGTAGGCATAACG

1. حدد بداية المنطقة الرامزة للمورثة.
2. استخرج السلسلة المستنسخة.
3. مثل تتابع النيوكليوتيدات في ARNm الحامل للمعلومات الخاصة بجزء البروتين المصنع.
4. باستعمال جدول الشفرات الوراثية، حدد تتابع الأحماض الأمينية في هذا الجزء من البروتين.
5. تم عزل بروتين ناتج من طفرة على هذه المورثة أين تم استبدال Ser بـ Arg، ما هو موقع الطفرة على المورثة التي أدت إلى هذا التغير في تتابع الأحماض الأمينية ؟
6. في مرض وراثي لا يتم تصنيع هذا البروتين وإنما جزء صغير منه يحتوي على 3 أحماض أمينية فقط، فسر سبب عدم تركيب البروتين الكامل.

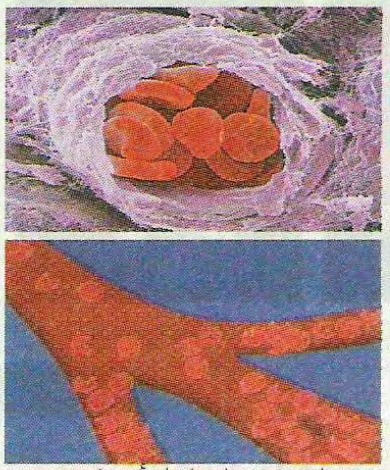
الوحدة 2

العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين

قام أستاذ بنسخ الصورة الموضحة في الأسفل من مجلة علمية تم فيها تناول أحد الأمراض الوراثية والمتمثل في فقر الدم المنجلي (Drepanocytose)، قرر الأستاذ عرضها على التلاميذ لمناقشة محتواها، اكتشف أن معظم التلاميذ توصلوا إلى كتابة العبارة التالية: "اختلاف التركيب يقابله اختلاف في الشكل"

كما أن التلاميذ تمكنوا من تفسير أحد الأسباب المؤدية للوفاة اعتمادا على بعض صور الوثيقة التي تبين تدفق كريات الدم الحمراء داخل الأوعية. قرر بالتشاور مع التلاميذ وضع عناصر لبحث يهدف إلى ربط العلاقة بين البنية الفراغية ووظيفة البروتينات ممثلا فيما يلي:

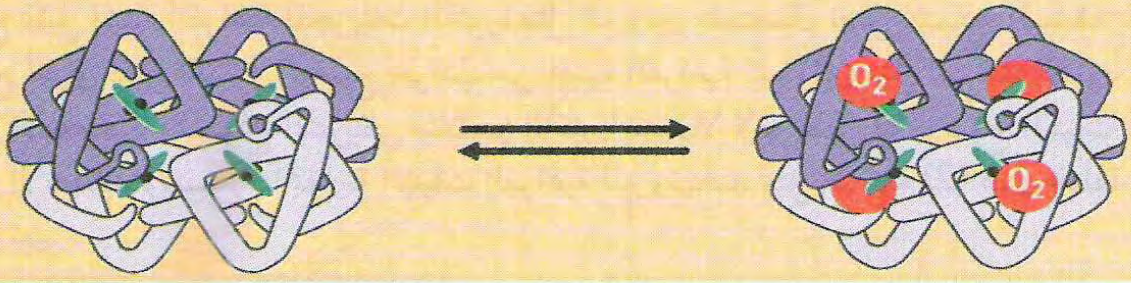
- كيفية تمثيل البنية الفراغية للبروتينات.
- مستويات البنية الفراغية للبروتين.
- العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين.



▲كريات دم حمراء داخل أوعية

شكل كرات الدم الحمراء

سلاسل بروتينية



النشاط 1

تمثيل البنية الفراغية للبروتين

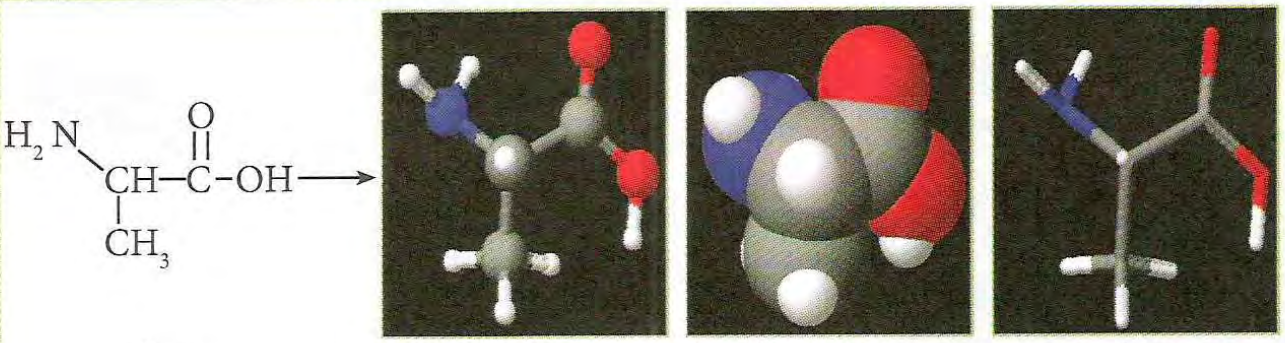
تأخذ البروتينات بعد تركيبها على مستوى الريبوزومات بنيات فراغية محددة ومعقدة، ليتم بعدها توجيه هذه البروتينات نحو المكان الذي تؤدي فيه وظيفتها المحددة داخل أو خارج الخلية.

➢ فكيف يمكننا تمثيل البنية الفراغية للبروتين ؟ وماهي مميزات هذه البنية ؟ ماهي الوحدات الداخلة في تركيب البروتين وماهي مميزاتها ؟ ماهي العلاقة بينها وبين الوظيفة التي يقوم بها البروتين ؟

❶ تمثيل البنية الفراغية للبروتينات

أ) تمثيل البنية الفراغية للجزيآت البسيطة:

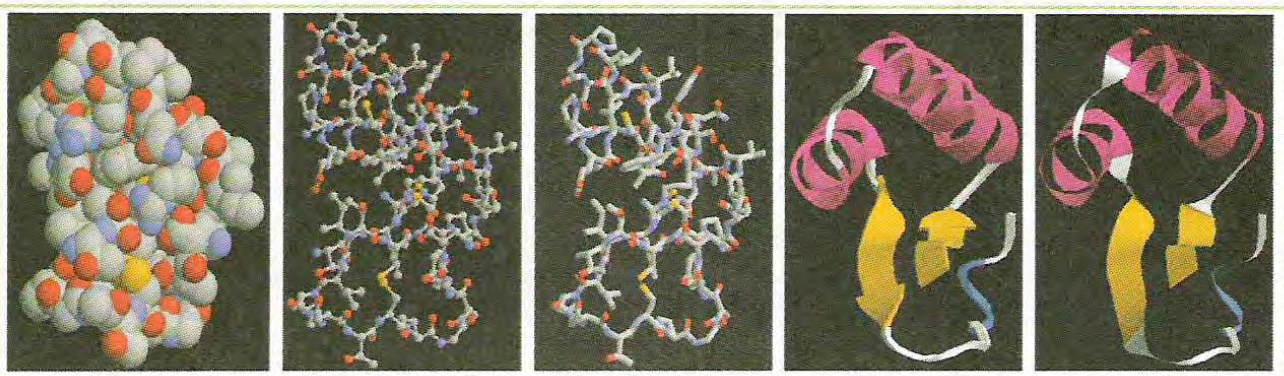
يمكن تمثيل البنية الفراغية لجزيء بسيط مثل حمض أميني بعدة طرق (نماذج) منها نموذج العود Bâtonnet ونموذج الكرة والعود Boules et bâtonnets والنموذج المكدس (الكرة) Sphères. يمكن للنموذج أن يركب باستعمال أجزاء صلبة من البلاستيك أو الخشب أو على شاشة الكمبيوتر باستعمال برامج محاكاة خاصة والذي يمثل أكثر الطرق استعمالا في الوقت الحالي. تمثل الوثيقة (1) طرق مختلفة لتمثيل بنية حمض أميني ألانين Alanine.



الوثيقة (1)

ب) تمثيل البنية الفراغية للجزيئات الكبيرة:

يحتاج تمثيل البنية الفراغية للجزيئات الكبيرة مثل البروتين باستعمال نفس النماذج السابقة بالإضافة إلى نماذج أخرى أكثر فائدة في توضيح جوانب من البنية الفراغية للبروتين مثل البنيات الثانوية α وβ ومناطق الانعطاف. فالنموذج الشريطي مثلا هو الأكثر استعمالا لأنه يظهر لنا بوضوح البنيات الثانوية ومناطق الانعطاف ويسمح لنا بمقارنة البنيات الفراغية للبروتينات. تمثل الوثيقة (2) طرق مختلفة لتمثيل بنية بروتين.



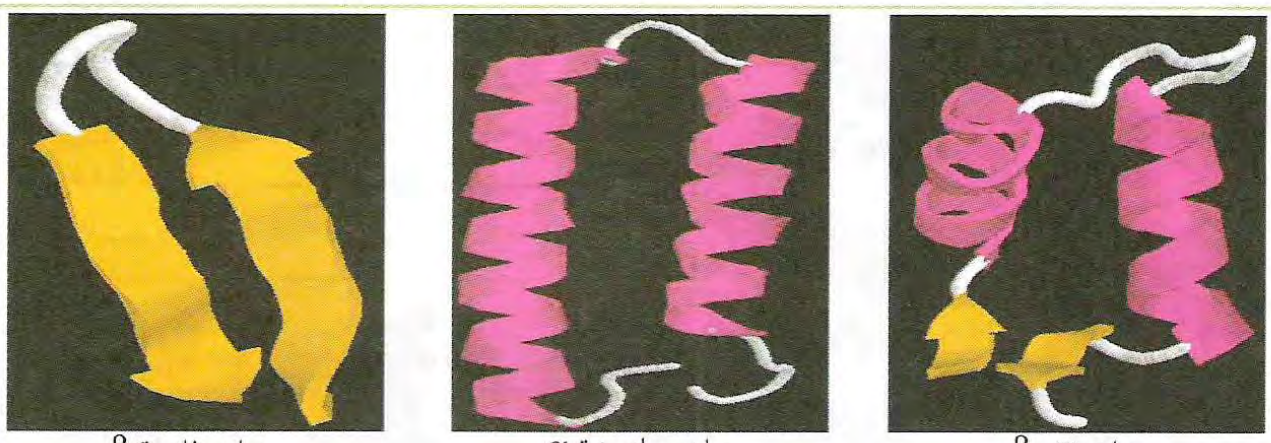
نموذج الشريط | نموذج الشريط السميك (كاريكاتور) | نموذج العود | نموذج الكرة والعود | النموذج المكدس

الوثيقة (2)

في النموذج الشريطي Rubans أو الشريطي السميك Caricatures يتم تمثيل البنية الثانوية الحلزونية α عادة في شكل شريط حلزوني بلون أحمر بينما يتم إظهار البنية الثانوية β عادة في شكل مسطح بلون أصفر أو أزرق وقد يكون في شكل سهم لتحديد الاتجاه وتمييز البنيات β المتوازية والمتعاكسة. يتم إظهار المناطق البينية (مناطق الانعطاف) بلون أبيض في شكل خيط سميك عادة.

❷ استعمال الكمبيوتر في دراسة بنية البروتينات

إن استعمال الكمبيوتر في تمثيل البنية الفراغية للبروتينات يسمح لنا بتغيير طريقة التمثيل (النموذج) وباستعمال نموذجين في آن واحد بسهولة مما يمكننا من ملاحظة الفائدة من استعمال كل منها. كما يسمح لنا بإجراء دراسة مفصلة لبنية البروتين وتحديد مواقع الأحماض الأمينية داخل البنية الفراغية وربط العلاقة بين موقع الحمض الأميني والبنية الفراغية. كما تسمح بتحديد الموقع الفعال وطريق ارتباط البروتين أو الإنزيم بمادة التفاعل. الوثيقة (3) هي تمثيل لبنيات ثانوية α وβ ومناطق انعطاف باستعمال برنامج راستوب أو راسمول.



بنيات α وβ | بنيات حلزونية α | بنيات ثانوية β

الوثيقة (3)

- باستعمال برنامج راستوب (Rastop) باستغلال المعلومات السابقة حاول أن تستخرج معلومات حول مزايا كل نموذج في دراسة البروتينات

النشاط 2

مستويات البنية الفراغية للبروتينات

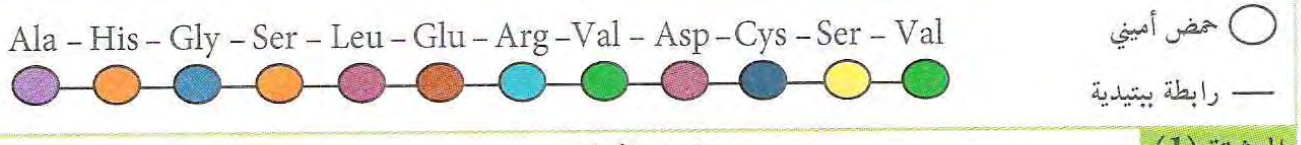
تتميز البنية الفراغية للبروتينات بتعقيدها وصعوبة تمثيلها بطريقة صحيحة لذا قسمت إلى مستويات بنائية متدرجة التعقيد.

فما هي مستويات تعقيد البنية الفراغية للبروتين ؟

نظرا لتعقيد البنية الفراغية للبروتينات قام العلماء بوصف أربعة مستويات بنيوية متدرجة في تعقيدها، وهذه المستويات البنيوية هي:

❶ البنية الأولية

وهي تتابع الأحماض الأمينية مرتبطة بروابط ببتيدية لتكوين سلسلة ببتيدية.



الوثيقة (1) البنية الأولية

❷ البنية الثانوية

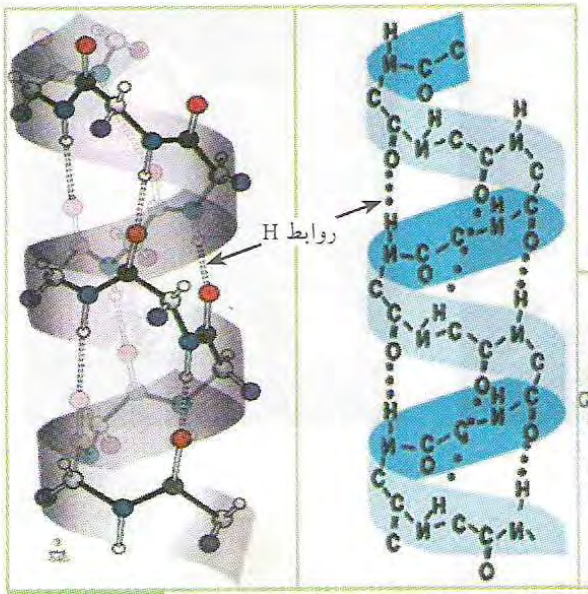
وهي انطواء السلسلة الببتيدية ذات البنية الأولية لتكوين بنيات ثانوية في مناطق محددة من السلسلة الببتيدية. ويميز في البنية الثانوية نوعين من الأشكال:

البنية الحلزونية α: وهي انطواء السلسلة الببتيدية في مناطق محددة لتأخذ الشكل الحلزوني.

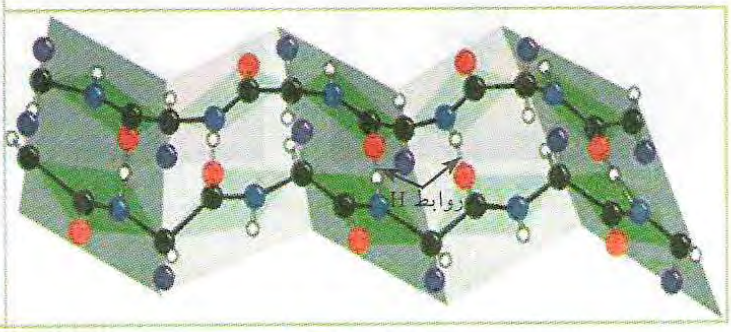
االبنية الثانوية β: وهي انطواء السلسلة الببتيدية في مناطق محددة لتاخذ شكل الوريقات المطوية.

تحافظ البنيات الثانوية على تماسكها بواسطة روابط هيدروجينية بين مجموعات CO وNH للروابط الببتيدية.

بالإضافة إلى البنيات الثانوية α وβ يلاحظ في السلسلة الببتيدية وجود مناطق بينية ليس لها أشكال فراغية محددة هي التي تسمح للسلسلة الببتيدية بأن تأخذ البنية الثالثية.



بنيات حلزونية α



بنية ثانوية β

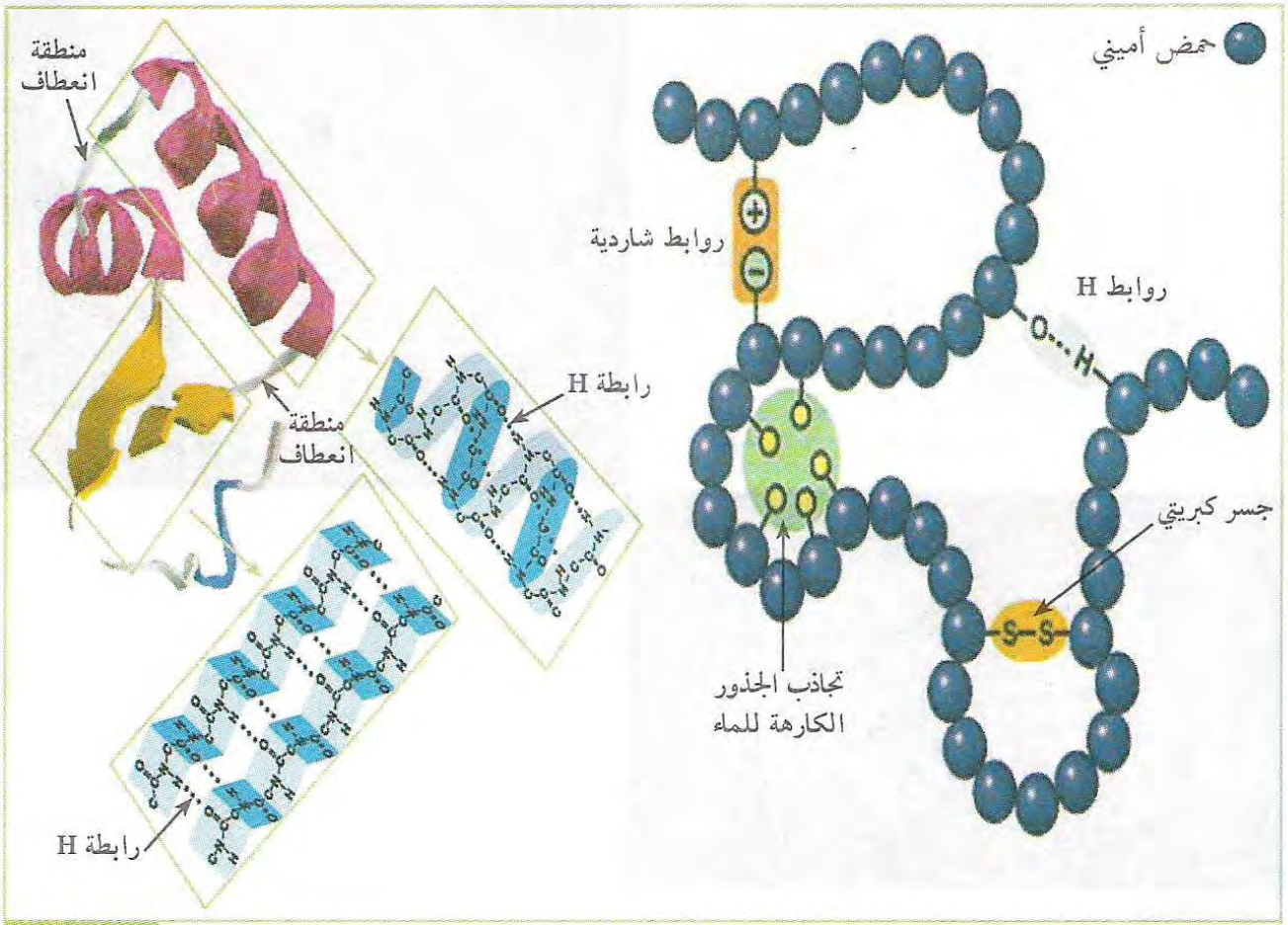
الوثيقة (2)

③ البنية الثالثية

وهي انطواء السلسلة الببتيدية المحتوية على عدد من البنيات الثانوية والمناطق البينية. يحدث الانطواء في مستوى المناطق البينية لذلك يطلق عليها اسم مناطق الانعطاف. تمثل هذه المناطق مفاصل تسمح للسلسلة الببتيدية بالانطواء لتأخذ بنية ثالثية محددة. قد تحتوي البنية الثالثية على بنيات ثانوية حلزونية فقط أو وريقات β فقط أو خليط من بنيات α وβ بنسب وتوزيع مختلف من بروتين لآخر.

تحافظ البنية الثالثية على استقرارها بوجود أربع أنواع من الروابط هي:

1. الروابط الهيدروجينية بين الوظائف الكيميائية للجذور R.
2. الروابط الملحية (الشاردية) بين المجموعات الكيميائية السالبة والموجبة في الجذور R.
3. تداخل (تجاذب) الجذور الكارهة للماء.
4. الجسور الكبريتية الناتجة بين جذرين لحمضين من نوع Cys.



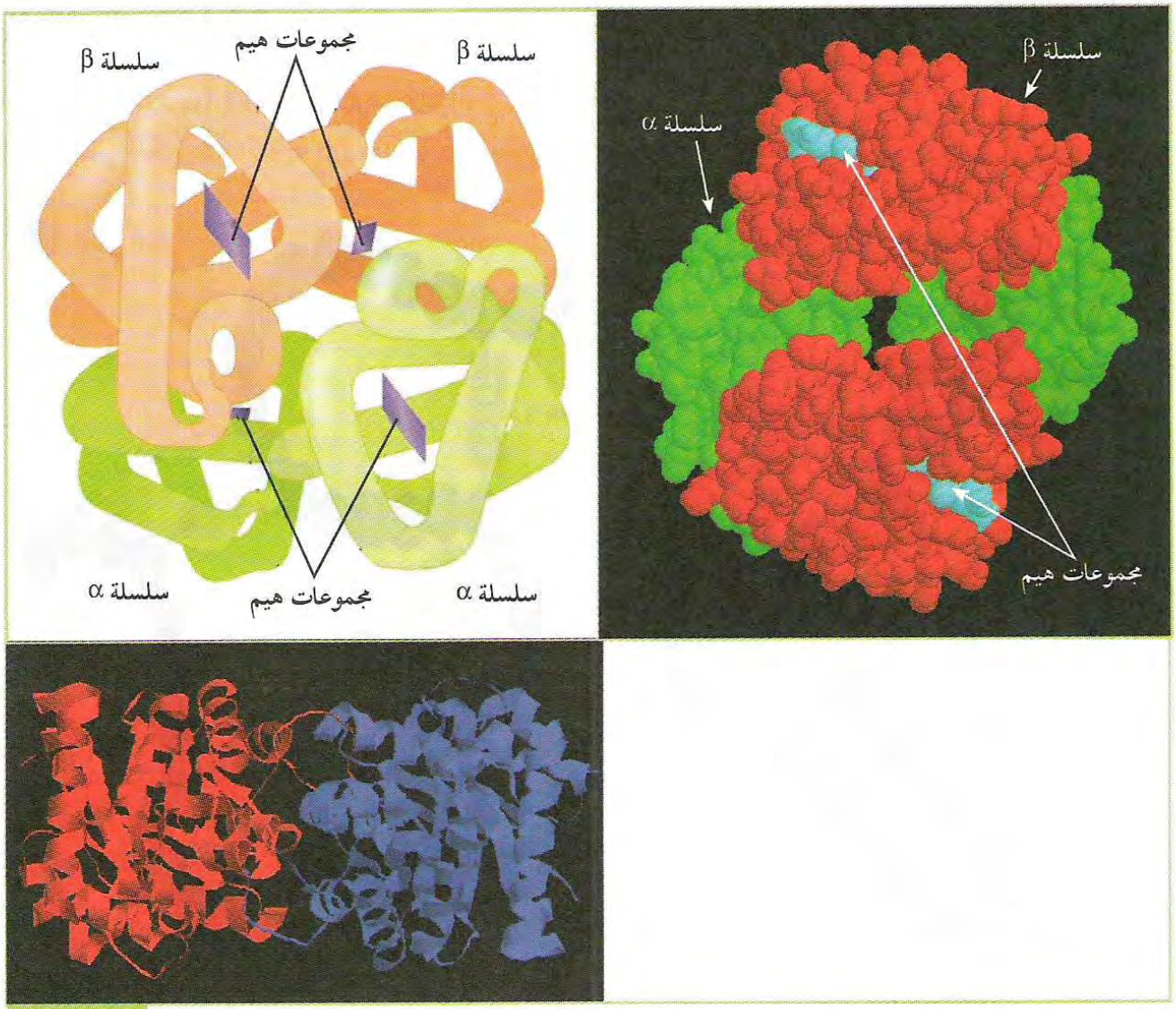
الوثيقة (3)

بالاعتماد على المعطيات والوثائق السابقة:

1. استخلص كيف تتطور البنية الأولية إلى بنية ثانوية.
2. بماذا تتميز البنية الثالثية عن البنية الثانوية ؟

❹ البنية الرابعية

وهي تجمع لسلسلتين ببتيديتين أوأكثر لكل منها بنية ثالثية. وتسمى كل سلسلة ببتيدية ضمن البنية الرابعية بتحت الوحدة. تتماسك تحت الوحدات فيما بينها بروابط ضعيفة عادة مثل الروابط الهيدروجينية والكارهة للماء والشاردية. تتواجد هذه البنية في قسم من البروتينات مثل الهيموغلوبين (4 تحت وحدات) سلسلتان من نوع α، وسلسلتان من توع β، والبروتين الإنزيمي تريوز فوسفات إيزوميراز (TPI) الذي يتكون من سلسلتين ببتيديتين (تحت وحدتين).

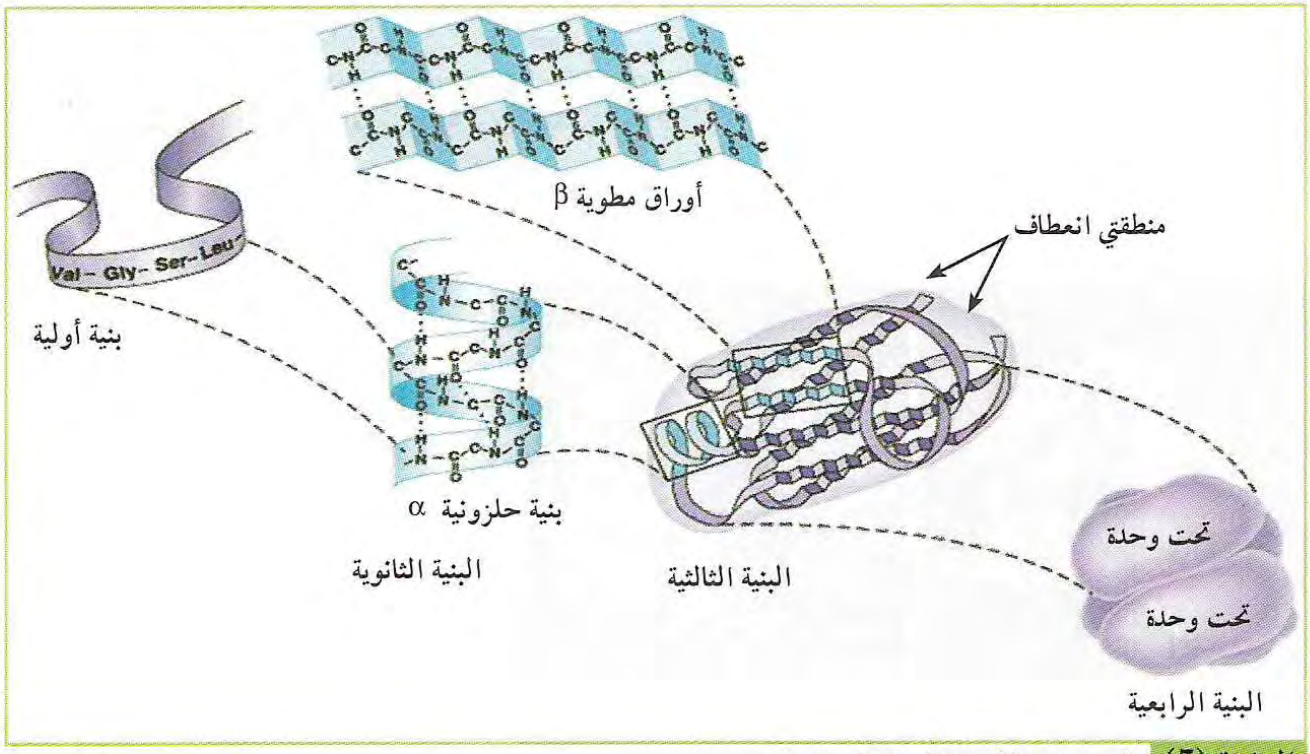


البروتين الإنزيمي تريوز فوسفات إيزوميراز **الوثيقة (4)**

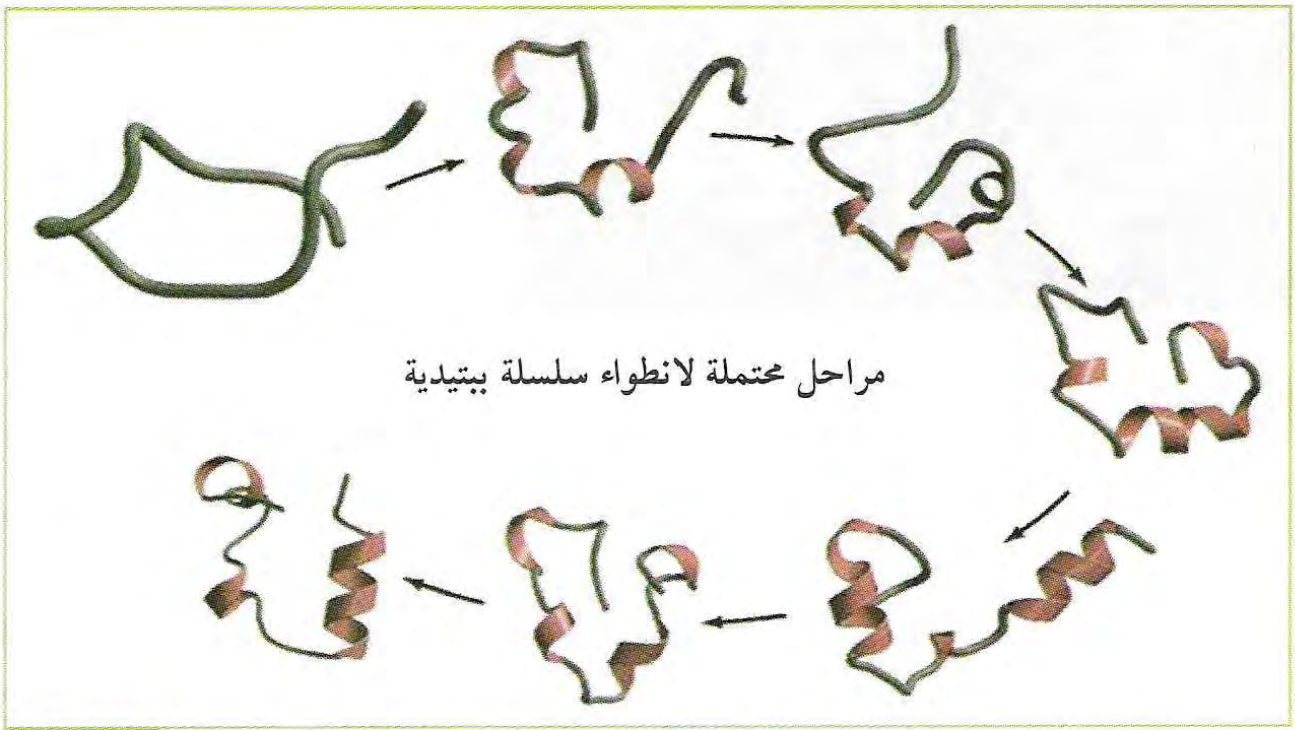
تعتبر البنية الرابعية أكثر البنيات تعقيدا، علل ذلك.

❺ مستويات البنية الفراغية للبروتينات والعلاقة بينها

يمكن تمثيل المستويات الأربعة والعلاقة بينها كما هو موضح في الوثيقة (5)، بينما تمثل الوثيقة (6) المراحل المحتملة التي قد تمر بها السلسلة الببتيدية للوصول إلى البنية الفراغية الصحيحة.



الوثيقة (5) المستويات الأربعة لبنية البروتينات



الوثيقة (6)

- حدد أدنى وأقصى عدد من تحت الوحدات في البنية الرابعية، مع التعليل.

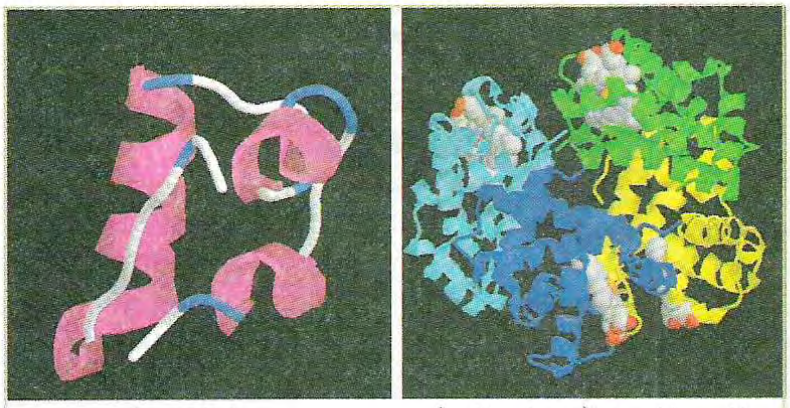
النشاط 3

العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين

تأخذ البروتينات بنيات فراغية متنوعة تختلف من بروتين لآخر، كما تقوم البروتينات بآداء أدوار مختلفة في الخلايا الحية.

➢ ما هي العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين ؟

❶ أمثلة عن البنية الفراغية لبعض البروتينات المشهورة



الهيموغلوبين (خضاب الدم) — هرمون الإنسولين

إنزيم الليزوزيم — الميوغلوبين (خضاب العضلة)

باستعمال برنامج راستوب (برنامج كمبيوتر متخصص في محاكاة البنية الفراغية للجزيئات) قمنا بتمثيل البنية الفراغية لأربعة أنواع من البروتينات في شكل صور ثابتة موضحة في الوثيقة (1).

1. من خلال التحليل المقارن لبنية البروتينات الأربعة الموضحة في الوثيقة (1) استخرج أوجه التشابه والاختلاف في بنيتها ؟
2. اقترح فرضية تفسر اختلاف البنية الفراغية للبروتين ؟

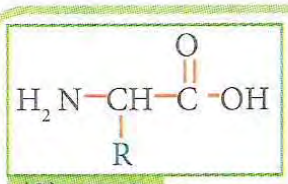
الوثيقة (1)

❷ الأحماض الأمينية

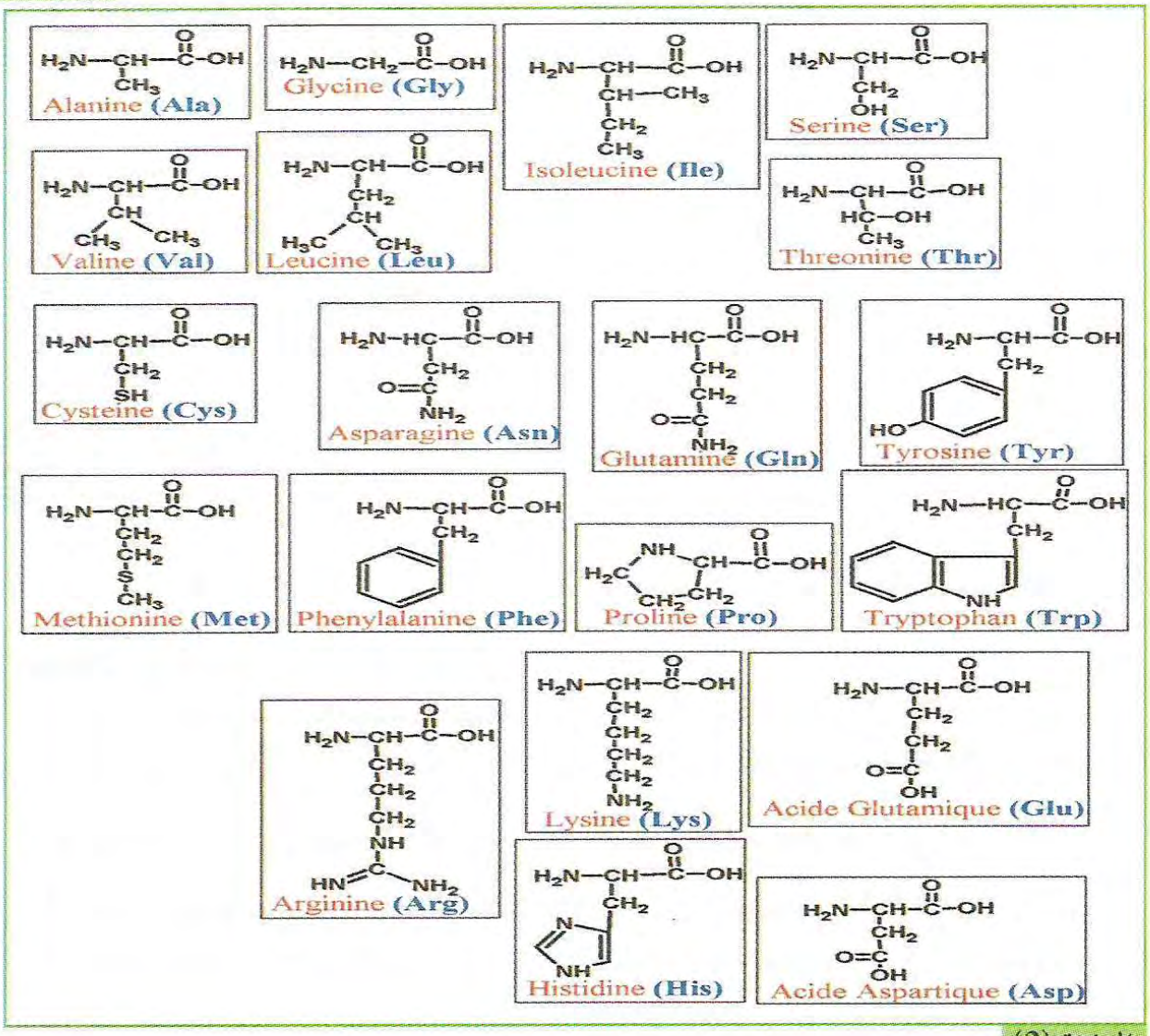
من خلال دراستنا لموضوع الوراثة في السنة الثانية وآلية تركيب البروتين في الوحدة السابقة تبين لنا أن لكل بروتين تتابع وعدد من الأحماض الأمينية خاص ومميز تحدده طبيعة المعلومات الوراثية على مستوى المورثة.

للتحقق من الفرضية أو الفرضيات السابقة نحتاج إلى معرفة مميزات وخصائص الأحماض الأمينية التي قد تسمح لها بتحديد البنية الفراغية للبروتين.

الأحماض الأمينية هي مركبات عضوية صيغتها العامة موضحة في الوثيقة (2).
كما بينت التحاليل الكيميائية الخاصة بنوع الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات وجود عشرون (20) نوعا من الأحماض الأمينية موضحة في الوثيقة (3).



الوثيقة (2)



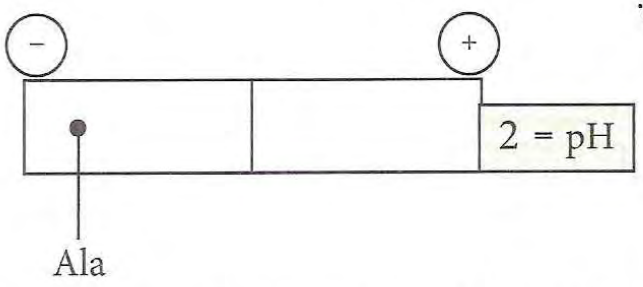
الوثيقة (3)

استغلال الوثائق:

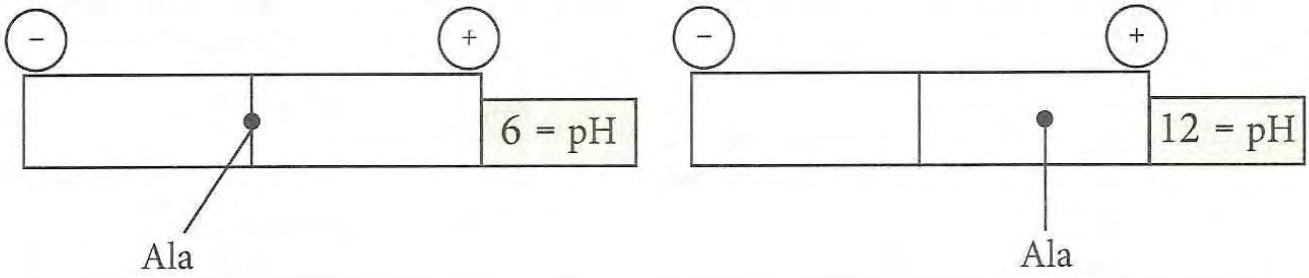
1. قدم تعريفا للحمض الأميني من خلال صيغته الكيميائية العامة (الوثيقة 2) ؟
2. تعرف على أبسط وأعقد حمض أميني في الوثيقة (3) ؟
3. قارن بين جذري الحمضين الأمينيين Ser وThr ؟
4. تعرف على الأحماض الأمينية الكبريتية والعطرية ؟
5. حدد الأحماض الأمينية ذات الجذر الحامضي والقاعدي ؟
6. يصنف Ala ضمن الأحماض الأمينية المتعادلة، علل ذلك ؟
7. اعتمادا على الجزء المتغير (R)، إقترح إذا تصنيفا للأحماض الأمينية العشرين ؟

❸ سلوك الأحماض الأمينية في الوسط

لغرض تحديد شحنة الحمض الأميني ألانين Ala تم وضع قطرة من محلول الحمض الأميني في منتصف شريط ورق الترشيح في جهاز الهجرة الكهربائية Electrophorèse عند pH = 2 بعد انتهاء مدة الفصل كانت النتيجة كما يلي:



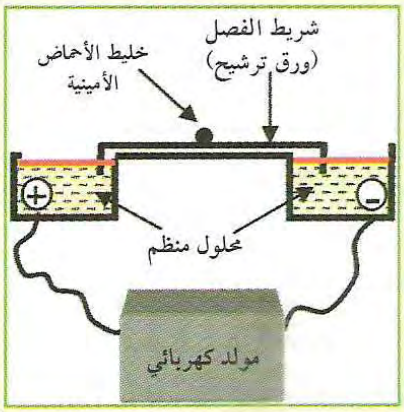
تم تكرار التجربة السابقة عند pH = 12 ثم عند pH = 6، النتائج موضحة في الوثيقة.



استغلال الوثائق:

1. فسر نتائج الهجرة الكهربائية للحمض الأميني Ala ؟ ماذا تستنتج ؟
2. إذا علمت أن pH = 6 تمثل نقطة التعادل الكهربائي (pHi) لحمض Ala وأن صيغته عند هذه النقطة تكون: $H_3N^+-CH(R)-C(=O)-O^-$ مثل صيغة الحمض الأميني Ala عند قيم pH = 2 و12 ؟
3. استخرج قاعدة تسمح بتحديد شحنة الحمض الأميني بمقارنة قيمة pH مع قيمة pHi ؟
4. بمقارنة صيغة الحمض الأميني عند قيم pH السابقة حدد سلوك Ala في الوسط ذو pH =2 وpH = 12 ؟

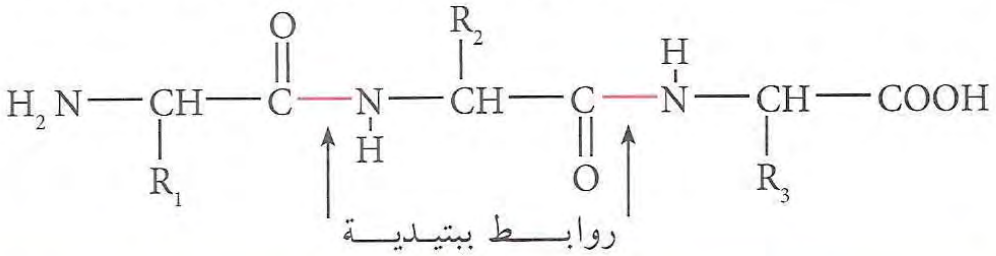
معلومات مفيدة



- **جهاز الهجرة الكهربائية:** جهاز يسمح بفصل المركبات المشحونة (أحماض امينية أو بروتينات مثلا) وفق شحنتها. حيث يتم وضع خليط من الأحماض الأمينية على شريط الفصل (ورق ترشيح أو مادة هلامية) المتصل بحجرتين يحتوي كل منهما على محلول منظم ذو pH محدد. كما تحتوي كل حجرة على قطب كهربائي سالب أوموجب متصلين بمولد كهربائي.
- **الأحماض:** هي تلك المركبات التي لها القدرة على تحرير بروتونات H^+.
- **القواعد:** هي تلك المركبات التي لها القدرة على اكتساب بروتونات H^+.

❹ تشكل الرابطة الببتيدية

تمثل الوثيقة التالية سلسلة ببتيدية مكونة من إتحاد 3 أحماض أمينية مرتبطة بروابط ببتيدية (ثلاثي ببتيد).



استغلال الوثائق:

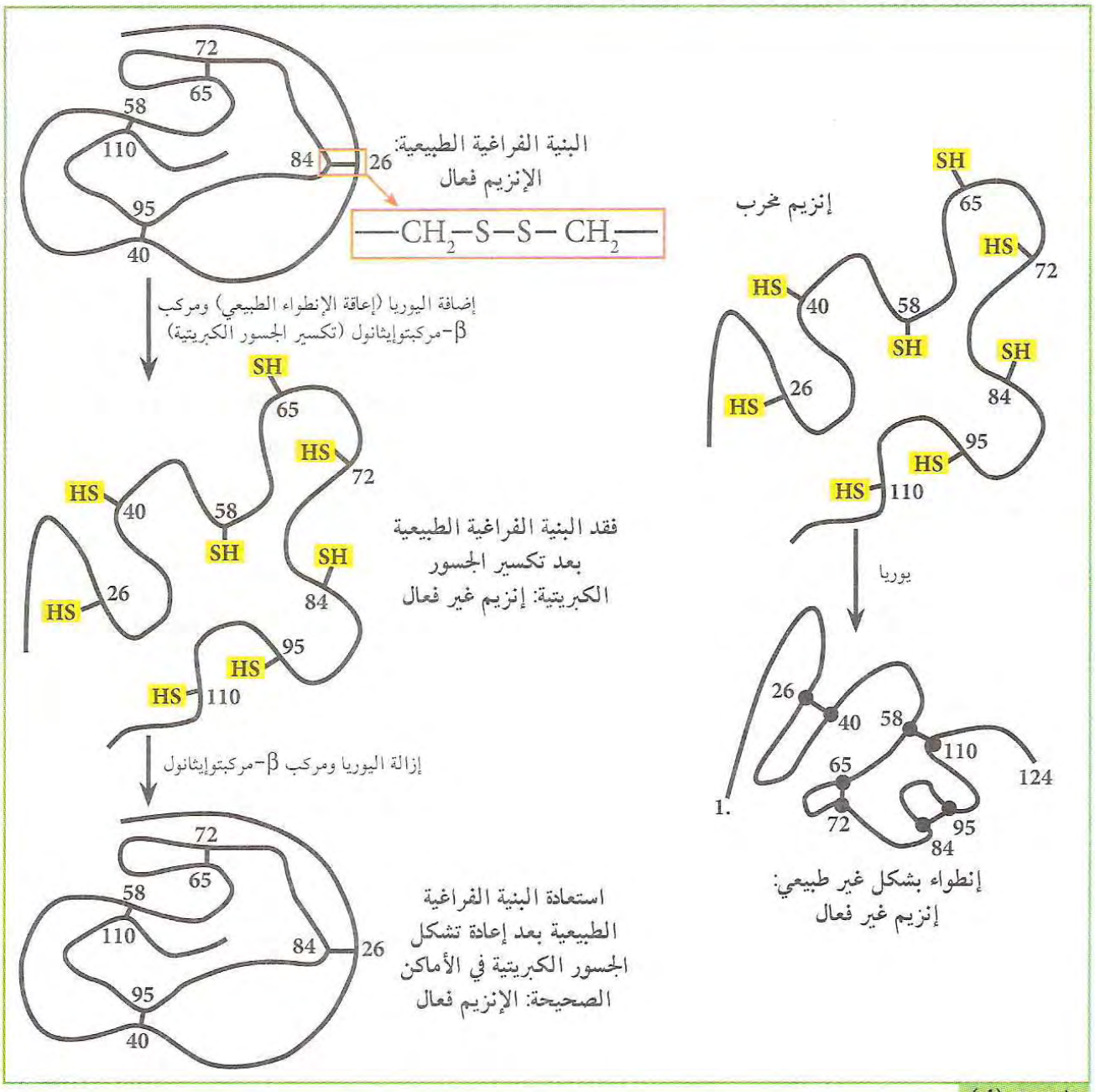
1. بمقارنة صيغة الببتيد الثلاثي الموضحة في الوثيقة والصيغة العامة للأحماض الأمينية التي تعرفت عليها سابقا، استنتج كيفية تشكل الرابطة الببتيدية ؟
2. ماهي أنواع الوظائف الكيميائية المشاركة في تكوين هذه الرابطة ؟
3. باستعمال الصيغة العامة لحمض أميني، شكل رباعي الببتيد انطلاقا من ثلاثي الببتيد الموضح في الوثيقة ؟
4. ماهو عدد الوظائف الكربوكسيلية والأمينية الحرة في ثلاثي ورباعي الببتيد ؟ هل يتأثر عدد هذه الوظائف بطول السلسلة الببتيدية ؟

❺ العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد ووظيفة البروتين

لدراسة هذه العلاقة قام العالم Anfinsen بإجراء تجربة على إنزيم ريبونيوكلياز باستعمال مادتين β-مركبتوإيثانول (تعمل على تحليل الجسور الكبريتية) واليوريا (تعمل على إعاقة الإنطواء الطبيعي للبروتين)، مراحل التجربة موضحة في الجدول وفي الوثيقة (4).

المرحلة	المعاملة	النتيجة
الأولى	ريبونيوكلياز + اليوريا +مركب β-مركبتوإيثانول	فقدان البنية الفراغية (تخريب): إنزيم غير فعال
الثانية	إزالة اليوريا ومركب β-مركبتوإيثانول	استعادة البنية الفراغية الطبيعية: إنزيم فعال
الثالثة	ريبونيوكلياز مخرب+يوريا	بنية فراغية غير طبيعية (تشكل الجسور في غير الأماكن الصحيحة): إنزيم غير فعال

يمكن تلخيص مراحل التجربة ونتائجها في الرسومات التخطيطية الموالية:


البنية الفراغية الطبيعية:
الإنزيم فعال
—CH2—S—S—CH2—
إضافة اليوريا (إعاقة الإنطواء الطبيعي) ومركب β-مركبتوإيثانول (تكسير الجسور الكبريتية)
فقد البنية الفراغية الطبيعية بعد تكسير الجسور الكبريتية: إنزيم غير فعال
إزالة اليوريا ومركب β-مركبتوإيثانول
استعادة البنية الفراغية الطبيعية بعد إعادة تشكل الجسور الكبريتية في الأماكن الصحيحة: الإنزيم فعال
إنزيم مخرب
يوريا
إنطواء بشكل غير طبيعي:
إنزيم غير فعال

الوثيقة (4)

استغلال الوثائق:

1. بالإعتماد على الصيغ المفصلة للأحماض الأمينية، ماذا تمثل الأرقام داخل بنية البروتين ؟
2. من خلال نتائج التجربة استنتج دور تتابع ونوع الأحماض الأمينية في تحديد البنية الفراغية ووظيفة البروتين ؟ علل الإجابة ؟
3. هل تأكدت من صحة الفرضية أو الفرضيات السابقة ؟

معلومات مفيدة

استعمال برنامج راستوب Rastop:

مقدمة: راستوب هو أحد البرامج المستعملة في عرض البنية الفراغية للجزيئات وخاصة البروتينات. تم تطويره انطلاقا من البرنامج الأصلي راسمول Rasmol أو Raswin الذي أنشأه الباحث Roger sayle في 1992 سنة.

يتميز راستوب بسهولة استعماله نظرا لاحتواءه على الأوامر في شكل أيقونات على نافذة العرض خلافا لبرنامج راسمول الذي يجب فيه كتابة معظم الأوامر في نافذة خاصة تدعى نافذة الأوامر. بالإضافة إلى ذلك فإن البرنامج راستوب يقدم الأوامر باللغة الفرنسية.

البرنامج متوفر مجانا على شبكة الإنترنت ويمكن تحميله من عدة مواقع منها: **http://www.inrp.fr** بعد تحميل البرنامج وتثبيته نحتاج إلى تحميل الملفات الخاصة بالبروتينات التي نريد عرض بنيتها الفراغية. تتوفر هذه الملفات (ملف لكل بروتين) مجانا في بنوك معطيات خاصة أهمها بنك معلومات البرروتين Protein Data Bank أو PDB اختصارا على الموقع **http://www.rcsb.org/pdb/**.

من الصعب على المبتدأ تحديد نوع البروتينات والحصول عليها من البنك نظرا لكثرة المعلومات فيه وتشعبها لذلك يتم عادة إنشاء بنوك معلومات مبسطة ومختصرة لأغراض تعليمية تحتوي على عدد محدود جدا من البروتينات حسب المنهاج والبرنامج الدراسي. يمكنك تحميل بعض هذه البروتينات من الموقع: www.ens-kouba.dz/arabic/rastop.htm الذي تم إنشاؤه حديثا لفائدة أساتذة وطلبة السنة النهائية.

بعد تحميل برنامج راستوب وتثبيته قم بتشغيله عن طريق النقر مرتين على أيقونة التشغيل. تحت قائمة الملفات fichiers أضغط على فتح Ouvrir ثم اتجه نحو المكان الذي وضعت فيه ملفات البروتينات التي تم تحميلها. يمكننا عن طريق البرنامج **Rastop** دراسة البنية الفراغية للبروتينات وذلك عن طريق:

1. تدوير الجزيئة في كل الاتجاهات.
2. تغيير نموذج العرض.
3. تغيير اللون.
4. معرفة عدد وتتابع الأحماض الأمينية.
5. اختيار حمض اميني أو بنية ثانوية أو قطعة ببتيدية.
6. تحديد جزء من البروتين.
7. تحديد الموقع الفعال.

يمكن ايجاد تطبيقات تعلمية باستعمال البرنامج **Rastop** في نفس الموقع السابق: www.ens-kouba.dz/arabic/rastop.htm.

الحصيلة المعرفية

النشاط ❶: تمثيل البنية الفراغية للبروتين

يمكن تمثيل البنية الفراغية للبروتين باستعمال برنامج Rastop للحصول على عدة نماذج منها:

- نموذج الكرة الذي يوضح أنواع الذرات المكونة للبروتين وحجم الجزيئ
- النموذج الشريطي الذي يوضح البنيات الثانوية ومناطق الانعطاف.

النشاط ❷: مستويات البنية الفراغية للبروتين

قام العلماء بتقسيم البنية الفراغية للبروتينات إلى أربعة مستويات بنيوية متدرجة في تعقيدها بداية من البنية الأولية ثم الثانوية ثم الثالثية وصولا إلى البنية الرابعية التي تعتبر المستوى الأكثر تعقيدا في بنية البروتينات.

النشاط ❸: العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين

تختلف البروتينات فيما بينها في عدد ونوع وتتابع الأحماض الأمينية، كما تظهر البروتينات بنيات فراغية مختلفة. تنشأ البنية الفراغية للبروتين نتيجة انطواء السلسلة الببتيدية وفق مستويات وقواعد محددة، وتظهر نتيجة الانطواء أشكال محددة مثل البنية الحلزونية α والأورق المطوية β بالإضافة إلى مناطق الانعطاف التي ليس لها أشكال هندسية محددة.

تتكون البروتينات من اتحاد عدد من الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية. والأحماض الأمينية هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربوكسيلية (-COOH) ومجموعة أمينية ($-NH_2$) متصلتين بذرة كربون α التي تتصل بدورها بجذر R (سلسلة جانبية) يختلف تركيبه من حمض أميني لآخر.

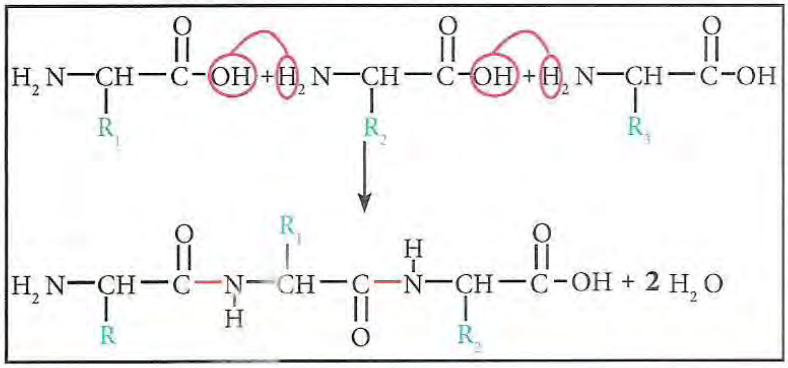
يدخل في تركيب البروتينات 20 حمضا أمينيا تختلف فيما بينها في نوع الجذر (السلسلة الجانبية).

تقسم الأحماض الأمينية حسب نوع الجذر إلى:

- أحماض أمينية حامضية تتميز بوجود مجموعة حمضية إضافية في الجدر R وهي: Glu وAsp.
- أحماض أمينية قاعدية تتميز بوجود مجموعة قاعدية إضافية في الجذر R وهي: Lys وArg وHis.
- أحماض أمينية متعادلة تتميز بعدم وجود مجموعة حمضية أو قاعدية في الجذر R وهي 15 حمضا أمينيا المتبقية.

تقسم الأحماض الأمينية المتعادلة بدورها حسب نوع الوظائف الموجودة في الجذر إلى كحولية وكبريتية وعطرية واليفاتية ... وغيرها.

تسلك الأحماض الأمينية سلوك الأحماض (تحرر بروتونات H^+) في الوسط القاعدي بينما تسلك الأحماض الأمينية سلوك القواعد (تكتسب بروتونات H^+) في الوسط الحمضي، لذلك يطلق عليها اسم المركبات الأمفوتيرية (الحمقلية).



تختلف شحنة الحمض الأميني حسب pH الوسط. وتسمى درجة pH التي يكون عندها الحمض الأميني متعادل كهربائيا بنقطة التعادل الكهربائي أو pHi (pH isoélectrique). يكون الحمض الأميني ذو شحنة سالبة إذا كان pH الوسط أعلى

من pHi، ويكون الحمض الأميني موجب الشحنة إذا كان pH الوسط أقل من pHi للحمض الأميني.
ترتبط الأحماض الأمينية المتتالية في السلسلة الببتيدية بروابط تكافؤية تدعى الروابط الببتيدية. وتنشأ الرابطة من تفاعل مجموعة الكربوكسل (COOH) لحمض أميني مع مجموعة أمين (NH_2) لحمض أميني آخر مع خروج جزيئة ماء بينهما.

تحتوي السلاسل الببتيدية مهما كان طولها على مجموعة أمينية في بداية السلسلة تسمى الطرف الأميني ومجموعة كربوكسيلية في نهاية السلسلة تسمى النهاية الكربوكسيلية. يبدأ قراءة تتابع الأحماض الأمينية في السلسلة الببتيدية دائما من الطرف الأميني الذي يكتب عادة على اليسار وينتهي التتابع بالنهاية الكربوكسيلية التي تكتب عادة على اليمين.

تعتمد الخصائص الكهربائية والأمفوتيرية للببتيدات والبروتينات على نوع الجذور الحامضية والقاعدية التي تكسب البروتين شحنات موجبة أو سالبة إضافية.

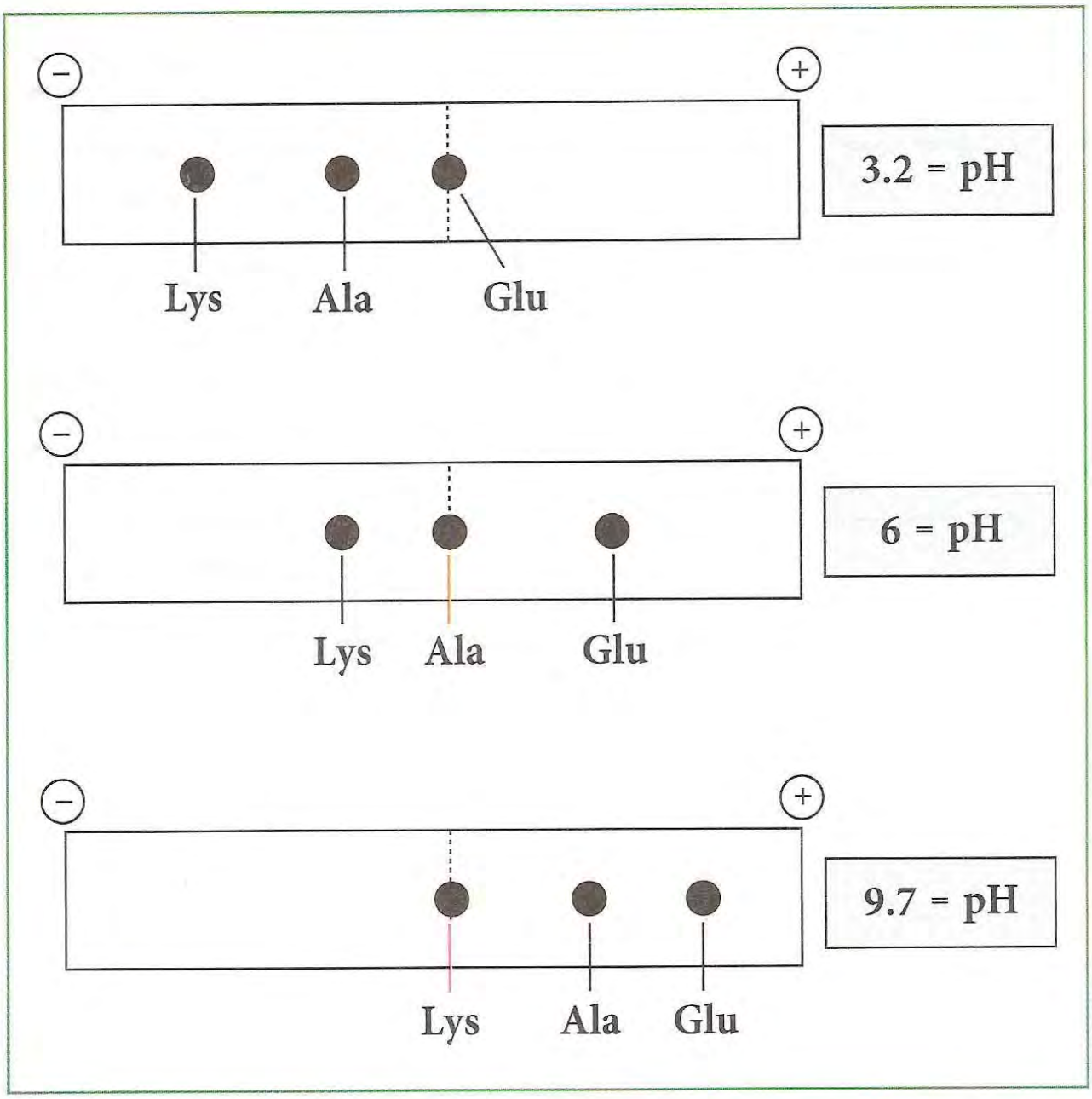
تحافظ البروتينات على بنياتها الفراغية المحددة نتيجة لعدد من الروابط التي تنشأ بين المجموعات الكيميائية المتواجدة في جذور الأحماض الأمينية في مواقع محددة. تؤدي المحافظة على البنية الفراغية للبروتين إلى المحافظة على وظيفة البروتين.

يؤدي تفكيك هذه الروابط (الجسور الكبيريتة، الروابط الهيدروجينية والشاردية) باستعمال عوامل فيزيائية مثل الحرارة أو كيمائية مثل الأحماض والقواعد وبعض المركبات الكيميائية إلى تغير في البنية الفراغية (تخريب البروتين). يمكن للبروتين أن يستعيد بنيته الطبيعية وبالتالي وظيفته الحيوية ويسمى التخريب في هذه الحالة عكسي. وقد لا يستعيد البروتين بنيته الفراغية بعد التخريب لذلك يسمى في هذه الحالة تخريب غير عكسي.

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1

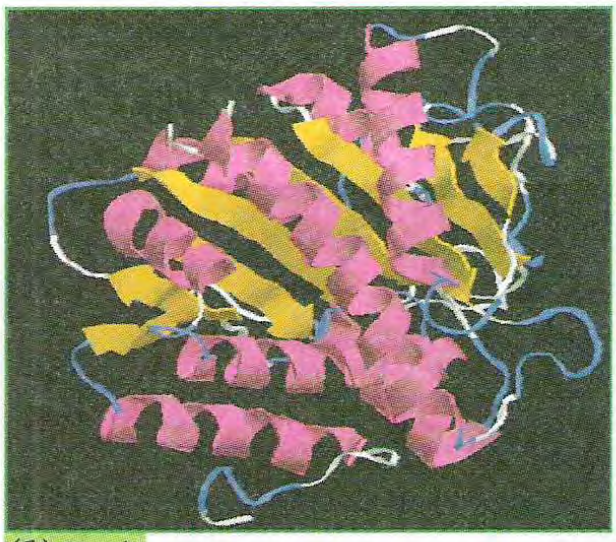
لغرض مقارنة سلوك 3 أحماض أمينية في المجال الكهربائي عند درجات pH مختلفة، تم وضع خليط من 3 أحماض أمينية في منتصف شريط الهجرة الكهربائية، أجري بعد ذلك فصل هذه الأحماض عند درجات pH مختلفة، نتائج الفصل موضحة في الوثيقة.



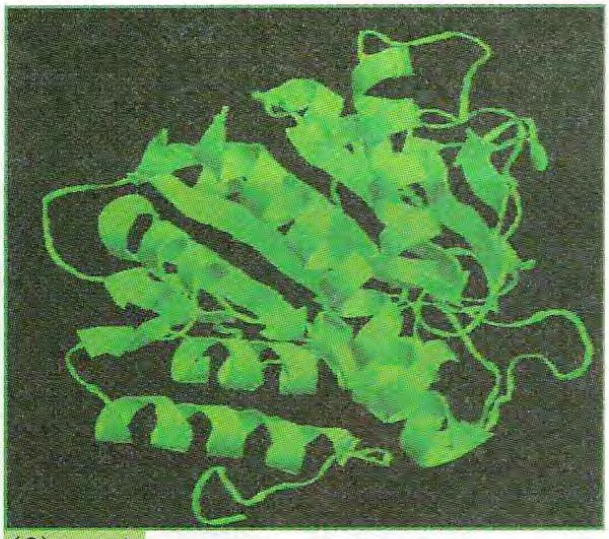
1. حلل نتائج التجربة ؟ استنتج قيم pHi للأحماض الأمينية الثلاثة.
2. قارن قيمة pHi للأحماض الأمينية الثلاثة. ماذا تستنتج ؟
3. علل اختلاف مسافة الهجرة بين Lys وAla عند pH = 3.2 ؟
4. مثل الصيغة الكيميائية المفصلة لـ Glu وLys عند نقطة pHi بالإستعانة بالوثيقة السابقة ؟

التمرين 2

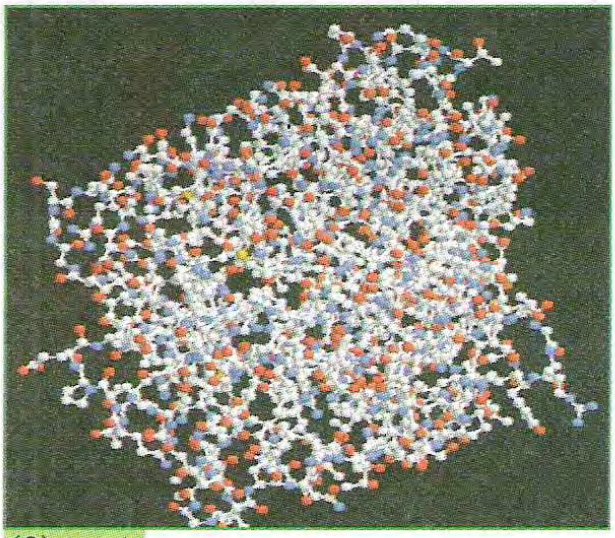
تمثل الوثيقة (1) البنية فراغية لإنزيم (كربوكسي ببتيداز)، باستعمال برنامج راستوب. وإذا اعتبرنا الوثيقة (1) هي وضعية انطلاق، (حيث أن ملف البروتين يتواجد في الموقع:
(www.ens-kouba.dz/arabic/rastop.htm



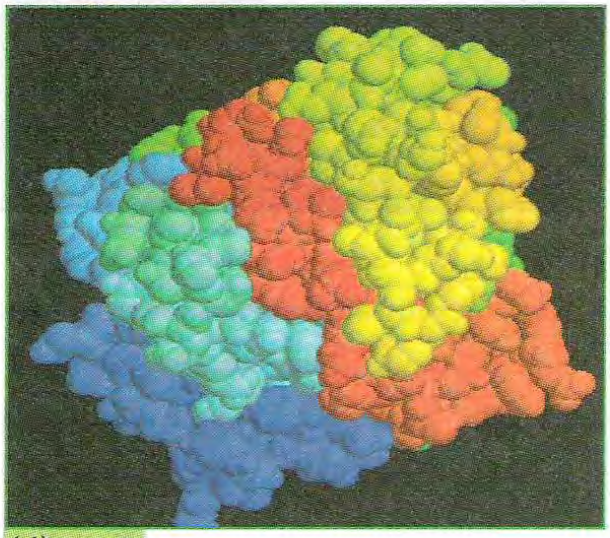
الوثيقة (1)



الوثيقة (2)



الوثيقة (3)



الوثيقة (4)

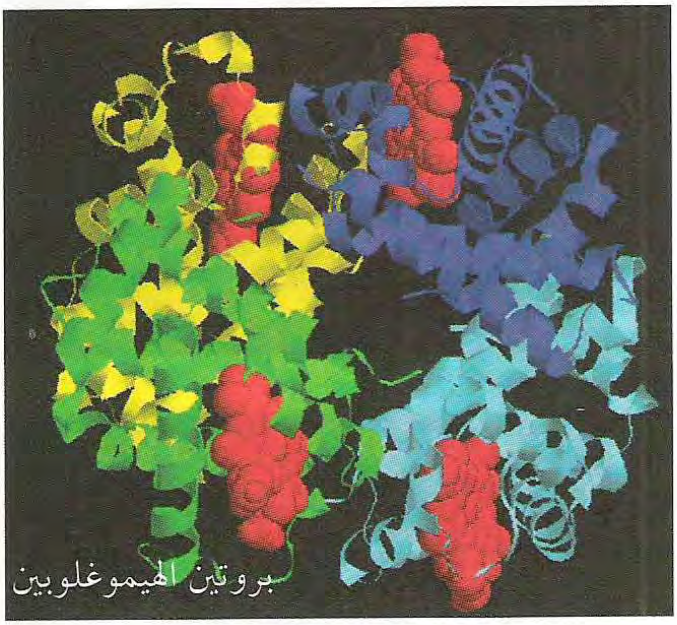
1. باستعمال برنامج راستوب حاول الحصول على الوثائق (2، 3، 4).
2. ضع عنوانا لكل وثيقة من الوثائق الأربعة.
3. باستعمال برنامج راستوب حاول الإجابة على الأسئلة التالية:
   - ما هو عدد الأحماض الأمينية في هذا البروتين ؟
   - ما هو الحمض الأميني الأول والأخير في السلسلة الببتيدية ؟
   - حدد أحماض السيستيين وعدد الجسور الكبريتية ؟
   - ما هي أنواع البنيات الثانوية ؟ وما هو عددها في السلسلة الببتيدية ؟
   - استنتج الوظيفة التي يقوم بها هذا الإنزيم

التمرين 3

عند انتهاء الدرس الخاص ببنية ووظيفة البروتينات سأل التلميذ أستاذه عن سبب اللون الأحمر في العضلات، فأجابه الأستاذ أن ذلك يعود إلى وجود بروتين ذو لون أحمر يدعى خضاب العضلة أو الميوغلوبين الذي يتواجد كذلك بصورة كبيرة جدا في حيوان بحري هو الحوت. هذا البروتين يشبه في بعض جوانبه بروتين آخر ذو لون أحمر متواجد في الدم يدعى خضاب الدم أو الهيموغلوبين. طلب الأستاذ من التلاميذ إجراء بحث يحاولون من خلاله التعرف أكثر على هذه البروتينات.

قام التلاميذ بإجراء البحث وتحصل أحدهم على الصورتين التاليتين:

بروتين الميوغلوبين



بروتين الهيموغلوبين

باستعمال برنامج راستوب والبروتينات الموجودة في الموقع:
www.ens-kouba.dz/arabic/rastop.htm وبالبحث عن المعلومات في شبكة الإنترنت حاول الإجابة على الأسئلة التالية:

1. **أنجز نفس الرسومات التي تحصل عليها التلميذ.**
2. **حدد عدد الأحماض الأمينية في الميوغلوبلين والهيموغلوبين.**
3. **قارن بين تتابع الأحماض الأمينية العشرة الأولى في السلسلة الببتيدية للميوغلوبين وكل سلسلة من سلاسل الهيموغلوبين.**
4. **حدد نوع البنيات الثانوية في السلاسل الببتيدية.**
5. **حدد الجزء المسؤول عن اللون الأحمر في البروتينين، ما هي طبيعته الكيميائية ؟**
6. **ما هي وظيفة الميوغلوبين والهيموغلوبين ؟**
7. **علل تواجد الميوغلوبين في العضلات، وتواجده في حيوان الحوت بكميات كبيرة.**

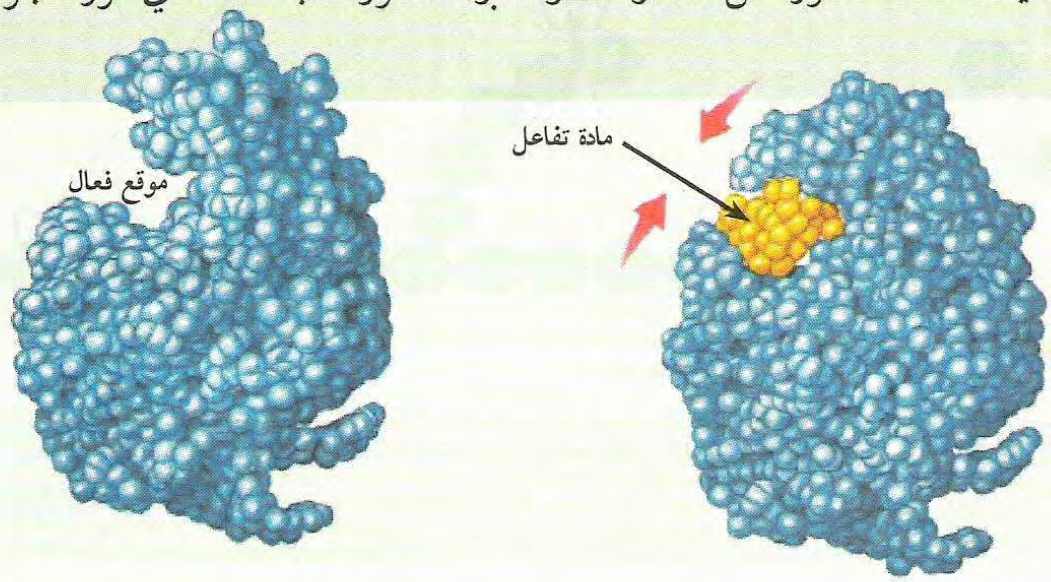
الوحدة 3

النشاط الإنزيمي للبروتينات

تعرض أحد تلاميذ القسم لحمى شديدة ألزمته الفراش، وعرضت حياته للخطر، مما دفع أحد زملائه المقربين منه ليفكر باهتمام شديد عن خطر ارتفاع درجة حرارة الجسم فوق 42°، تشاور مع أحد زملائه في القسم وقررا البحث في الأنترنت عن السر في ذلك، فوجدا أن أحد الأسباب يتعلق بتعطل عمل الإنزيمات، وكانت دهشتهما كبيرة عندما توصلا إلى أن كل نشاطات الجسم مرتبطة بعمل الإنزيمات. استهواهما البحث فقررا التعمق أكثر للوصول إلى إجابة لاشكالية يمر حلها حتما بالوصول إلى:

- **مفهوم هذه الجزيئات البروتينية، والتي تختلف أدوارها باختلاف المواد التي تؤثر عليها.**
- **ما هي خصائص هذه الجزيئات وشروط عملها.**

أخذ التلميذان هذه الصورة من الأنترنت واعتبراها محورا للبحث الذي قررا اجراءه حول الموضوع.



عناصر الوحدة

1. مفهوم الإنزيم وأهميته.
2. النشاط الإنزيمي وعلاقته ببنية الإنزيم.
3. دراسة تأثير تغير درجة pH الوسط على نشاط الإنزيم.
4. دراسة تأثير تغيرات درجة الحرارة على نشاط الإنزيم.

النشاط 1

مفهوم الإنزيم وأهميته

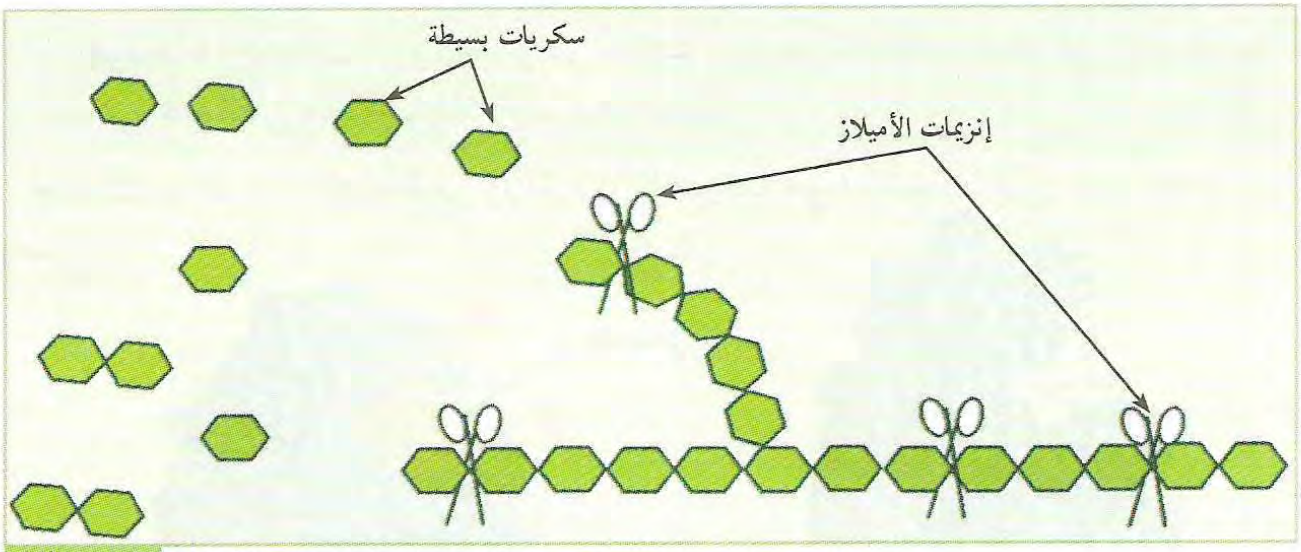
تؤدي الإنزيمات دورا فعالا في حياة الكائنات الحية نظرا للوظائف العديدة التي تقوم بها، وتختلف أدوارها باختلاف المواد التي تؤثر فيها.

➢ ما هو مفهوم الإنزيم ؟ وما هو تأثيره على النشاطات الأيضية ؟

❶ تذكير بالمكتسبات

يتناول الإنسان الأغذية عن طريق الفم في صورة معقدة عادة ، بينما يتم امتصاصها على مستوى الأمعاء في صورة بسيطة. يتم تبسيط المواد الغذائية بواسطة إنزيمات هاضمة متواجدة في الأنبوب الهضمي ابتداء من الفم فالمعدة ثم الأمعاء الدقيقة. تقوم الإنزيمات الهاضمة بتسريع التفاعلات الكيميائية لتبسيط الغذاء.

يتميز عمل الإنزيمات بالنوعية حيث تؤثر إنزيمات الأميلاز مثلا على النشا والبروتياز على البروتينات والليباز على الدسم، مخطط الوثيقة (1) يوضح تمثيل مبسط لتبسيط النشا.



الوثيقة (1) تبسيط النشا بواسطة إنزيمات الأميلاز

1. باستغلال معطيات الوثيقة (1) استنتج نواتج تحلل النشا مبرزا دور الإنزيمات في ذلك.
2. قدم إذا تعريفا بالإنزيم.

❷ عواقب غياب أو نقص إنزيم على النشاطات الأيضية

لتوضيح عواقب غياب نشاط الإنزيمات نستعرض الحالتين المرضيتين التاليتين:

الحالة الأولى:

فحص الطبيب شخصا يعاني من الأعراض التالية: ألام في المعدة، تقيؤ، إسهال وغازات. عند سؤال

المريض تبين للطبيب أن هذه الحالة تتكرر بعد ساعة إلى ساعتين من تناول حليب أو مشتقاته.

طلب الطبيب من الشخص المريض عدم تناول غذاء فيه حليب أو مشتقاته لمدة أسبوع ثم الذهاب بعدها إلى مخبر لإجراء تحاليل طبية.

Intolérance au lactose

في اليوم الثامن ذهب المريض إلى المخبر صباحا قبل تناول الطعام. أخذت عينة من دم المريض لقياس نسب السكر في الدم فوجد أنها في حالة طبيعية، قدم بعد ذلك للمريض محلولا من سكر اللكتوز. وبعد حوالي ساعتين تم قياس نسبة الغلوكوز في الدم من جديد فلم يلاحظ أي ارتفاع، لكن المريض أحس بأعراض تشبه أعراض تناول الحليب، وقد أوضحت نتائج التحاليل على البراز وجود حموضة عالية مع انطلاق غاز الهيدروجين من فم المريض.

أخذ المريض نتيجة التحاليل إلى الطبيب. وبعد إطلاع الطبيب على نتائج التحاليل تبين للطبيب أن المريض يعاني من مرض يسمى عدم تحمل اللكتوز Intolérance au lactose.

الحالة الثانية:

يعاني بعض الأطفال بعد الولادة من أمراض تسمى أمراض تخزين الغليكوجين أو Glycogénose. حيث توجد عدة أنواع من هذا المرض منها Glycogénose type I.

أهم أعراض المرض هي تضخم الكبد Hépatomégalie بسبب تراكم الغليوجين داخل الكبد وزيادة حجم الكلى ونقص السكر في الدم بالإضافة إلى أعراض أخرى كثيرة.

أسباب هذا المرض وراثية ناتجة في أكثر الحالات عن غياب نشاط إنزيم Glucose-6-phosphatase بسبب طفرة على مستوى المورثة. يعتبر G-6-Ph إنزيم أساسي في تحويل الغلوكوز-6- فسفات إلى غلوكوز داخل خلايا الكبد ، هذا التحويل ضروري لخروج الغلوكوز من الكبد لنقله إلى الأعضاء الأخرى.

1. اقترح فرضية لتفسير سبب المرض في الحالة الأولى ؟
2. هل يوجد علاج لهذه الحالة ؟
3. هل يؤدي المرض في الحالة الثانية إلى ارتفاع أو انخفاض نسبة الغلوكوز في الدم ؟ علل إجابتك

النشاط 2

النشاط الإنزيمي وعلاقته ببنية الإنزيم

الإنزيمات هي بروتينات ذات بنية ووظيفة محددة وتعمل على تحفيز التفاعلات الإنزيمية.

➢ فما هي خصائص الإنزيم التي تمكنه من القيام بهذا الدور ؟ وكيف يمكن قياس نشاطه ؟

❶ إظهار النشاط الانزيمي عن طريق التجارب الاعتيادية

أ- الإماهة الإنزيمية للسكروز:

تستطيع خلايا الخميرة (فطر أحادي الخلية) النمو والتكاثر في وسط يحتوي على السكروز عن طريق إفراز إنزيم إلى الخارج يقوم بإماهة السكروز إلى غلوكوز وفركتوز. تقوم الخميرة بامتصاص السكريات الناتجة من الإماهة لاستعمالها كمصدر للطاقة. لإثبات وجود النشاط الإنزيمي في الوسط الذي تنمو فيه الخميرة نقوم بإجراء التجربة التالية.

رقم الأنبوب	وجود الغلوكوز
الأنبوب 1	+ بعد عدة أيام
الأنبوب 2	+ + + بعد دقيقة
الأنبوب 3	+ + + بعد دقيقة
الأنبوب 4	- - -

الوثيقة (1) + تدل على وجود الغلوكوز
- تدل على عدم وجود الغلوكوز

المواد المطلوبة:

- محلول الخميرة (100 غ / لتر ماء) محضر قبل إجراء التجربة.
- 20 مل محلول السكروز 0.1 مول / ل يوزع على 4 أنابيب مختلفة:

الأنبوب الأول: 2 مل من محلول السكروز فقط.

الأنبوب الثاني: 2 مل محلول سكروز + 2 مل محلول الخميرة.

الأنبوب الثالث: 2 مل من محلول السكروز + 2 مل من راشح محلول الخميرة.

الأنبوب الرابع: 2 مل من محلول السكروز + 2 مل راشح محلول الخميرة بعد تسخينه لدرجة الغليان.

توضع الأنابيب الأربعة في حمام مائي عند 30°م تقريبا. نقوم بالكشف عن وجود الغلوكوز في المحلول بعد مرور فترات زمنية مختلفة، نتائج التجربة موضحة في الجدول.

كما لوحظ أن ترك الأنبوب الأول لفترة طويلة (عدة أشهر) يؤدي إلى إماهة كاملة السكروز.

استغلال نتائج التجربة:

1. ماذا تستخلص من مقارنة النتائج التجريبية في الأنبوبين 1 و2 ؟
2. ماهي المعلومات الإضافية المستخلصة من نتائج الأنبوبين 3 و4 ؟

ب- التجربة الثانية: إظهار النشاط الإنزيمي في بذور القمح:

عند إنبات بذور القمح تتم إماهة النشا المدخر في البذرة إلى سكريات بسيطة يستعملها الجنين (الرشيم) للنمو. تتم عملية الإماهة بعد تشرب البذرة للماء. لغرض تحديد ناتج الإماهة وإثبات تدخل الإنزيمات في عملية الإماهة نقوم بإجراء التجربة التالية:

الوثيقة (2)

المرحلة الأولى: يتم ملأ طبق بتري بمادة الجيلوز الممزوجة بالنشاء يتم قطع بذور القمح في طور الإنتاش إلى نصفين طوليا ثم توضع على طبقة الجيلوز (الوجه المقطوع إلى أسفل) كما في الوثيقة. بعد عدة أيام يتم سكب محلول اليود على طبقة الجيلوز. نتائج الإختبار موضحة في الوثيقة (2)

المرحلة الثانية: يتم نزع الجيلوز الموجود على تماس والقريب من نصف البذرة ووضعه في أنبوبة إختبار ثم تتم إضافة محلول فهلنغ مع التسخين. يلاحظ ظهور راسب أحمر آجوري.

المرحلة الثالثة: يتم سحق بذور قمح في طور الإنتاش في ماء مقطر. يترك الخليط لمدة 30 دقيقة ثم يرشح. في أنبوبة اختبار يضاف حجم من الراشح إلى محلول نشا. بعد عدة دقائق يتم إضافة محلول اليود. لا يلاحظ وجود اللون الأزرق البنفسجي.

استغلال نتائج التجارب:

1. علل عدم تلون المناطق القريبة من نصف البذرة باللون الأزرق في التجربة الأولى ؟
2. فسر نتائج المرحلتين 1 و2 ؟
3. ماذا تستخلص من نتائج المرحلة 3 ؟

❷ قياس النشاط الإنزيمي عن طريق التجريب المدعم بالحاسوب ExAO

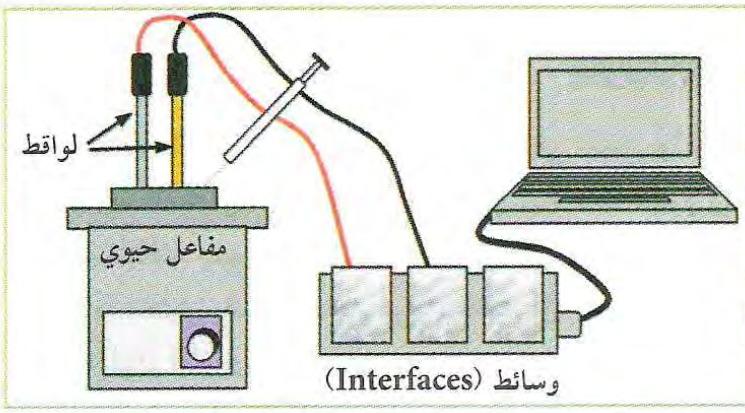
في هذه الحالة يتم الاستعانة بتركيب تجريبي مرتبط بالحاسوب. ويضم التركيب التجريبي عادة المكونات الموضحة في الوثيقة (2) (قد يختلف شكل وعدد المكونات حسب نوع الشركة المنتجة):

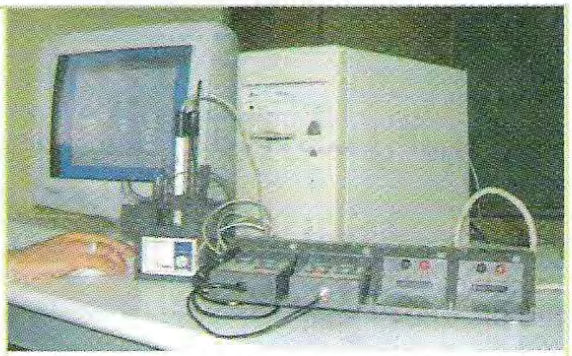
1) المفاعل الحيوي (Bioréacteur) وهو الجزء الذي يتم فيه التفاعل وتتم فيه القياسات ويحتوي على وعاء لإجراء التفاعل توضع فيه المحاليل والمواد المتفاعلة والإنزيم. يزود الوعاء بمكان لحقن المواد المراد إضافتها للتفاعل مثل الإنزيم أو مواد التفاعل أو مواد تؤثر على التفاعل وغيرها. يكون الوعاء عادة محكم الغلق خاصة في التفاعلات التي يتم فيها قياس تركيز الغازات (الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون).

2) مسبار أو لاقط (Sonde) capteur يمكنه الكشف عن مادة معينة في الوعاء وقياس تركيزها بصورة مستمرة. لذلك يختلف نوع اللاقط حسب نوع التفاعل المراد إجراءه ونوع المواد المتفاعلة أو الناتجة المراد قياسها. قد يستعمل لاقط آخر أو لاقطين أحدهما خاص بالحرارة والآخر خاص بدرجة pH وذلك لمتابعة تغيراتهما أثناء حدوث التفاعل.

3) وسائط Interfaces لربط اللاقط أو اللواقط بالحاسوب.

4) حاسوب مزود ببرنامج خاص Logiciel يسمح بحساب وعرض النتائج على شاشة الحاسوب على شكل منحنيات.





صورة للتركيب التجريبي المدعم بالحاسوب

1. باستغلال المعطيات السابقة والمعلومات المفيدة حدد مميزات التجارب العادية مقارنة باستعمال ExAO
2. يتطلب التفاعل أثناء استعمال ExAO متابعة تغيرات pH الوسط ودرجة الحرارة، علل ذلك.

معلومات مفيدة

اللاقط أو المسبار: هو أهم مكون في التركيب التجريبي المدعم بالحاسوب ويوجد عدة أنواع من اللواقط أهمها لاقط الأكسجين ولاقط خاص بشدة اللون. يعتبر لاقط الأكسجين من أهم اللواقط المستعملة نظرا لتعدد استعمالاته في قياس نشاط الإنزيمات وفي قياس النشاط التنفسي وشدة التركيب الضوئي. يستعمل لاقط الأكسجين لقياس النشاط الإنزيمي فقط في الحالات التي يتم فيها طرح أو استهلاك للأكسجين.

مزايا استعمال التجريب المدعم بالحاسوب في قياس نشاط الإنزيمات مقارنة بالتجربة الاعتيادية:

1. يسمح بالقياس السريع للمواد المتفاعلة أو النواتج بدقة.
2. يسمح لنا بمتابعة سير التفاعل على شاشة الحاسوب بصورة لحظية (آنية). لا ننتظر إنتهاء التجربة للحصول على النتائج.
3. يسمح لنا بمشاهدة تأثير إضافة مركبات أو تغيرات في شروط التفاعل مباشرة.
4. يسمح بالحفاظ على النتائج في ذاكرة الحاسوب للرجوع إليها في أي وقت ومقارنتها مع النتائج الأخرى. كما يمكن إجراء رسم للمنحنى في نفس المعلم للتجربة السابقة لغرض المقارنة.

❸ دراسة حركية التفاعلات الإنزيمية عن طريق التجريب المدعم بالحاسوب
Experimentation Assistée par Ordinateur (ExAO)

لدراسة حركية التفاعلات الإنزيمية وقع الاختيار على إنزيم غلوكوز أكسيداز Glucose Oxidase (GO) كمثال للدراسة. يقوم هذا الإنزيم كوسيط لتنشيط التفاعل التالي:

المعادلة 1 $\quad O_2 + \text{غلوكوز} \xrightarrow{\text{غلوكوز أكسيداز}} H_2O_2 + \text{حمض غلوكونيك}$

وقع الاختيار على هذا الإنزيم نظرا لإمكانية متابعة هذا التفاعل عن طريق التجريب المدعم بالحاسوب باستعمال لاقط الأكسجين لأن التفاعل يؤدي إلى استهلاك الأكسجين. يمكننا اختيار إنزيم catalase لنفس الغرض، حيث يقوم هذا الإنزيم بتحفيز التفاعل التالي:

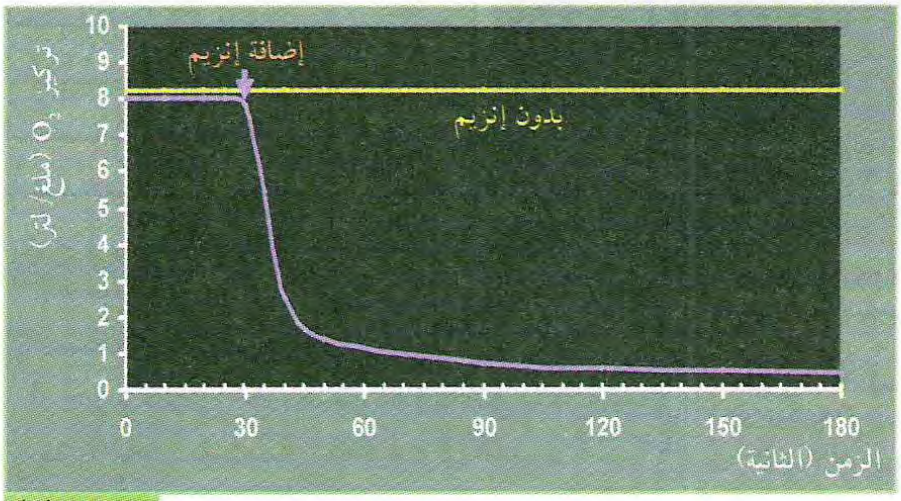
المعادلة 2 $\quad 2H_2O_2 \xrightarrow{\text{كاتالاز}} 2H_2O + O_2$

باستعمال إنزيم غلوكوز أكسيداز GO تم إجراء سلسلة من التجارب عن طريق ExAO كما يلي:

التجربة 1:

دراسة تغيرات تركيز الأكسجين بدلالة الزمن في غياب وفي وجود الإنزيم:

تمت الدراسة باستعمال محلول غلوكوزي (مادة التفاعل) بتركيز محدد وفي درجة حرارة ثابتة (37°م) وعند درجة pH ثابتة (7). بعد وضع عناصر التفاعل في المفاعل يتم تشغيل التركيب التجريبي ويبدأ التسجيل على شاشة الحاسوب بعد تشغيل البرنامج. عند زمن ز = 30 ثانية من انطلاق التسجيل يتم حقن تركيز ثابت من الإنزيم GO. يتم إجراء نفس التجربة السابقة بدون حقن للإنزيم. النتائج المتحصل عليها ممثلة في الوثيقة (3).



الوثيقة (3)

استغلال الوثائق:

1. حلل وفسر المنحنيين بالاعتماد على معادلة التفاعل 1 ؟
2. استنتج دور الإنزيم في هذا التفاعل ؟

التجربة 2:

دراسة تغيرات تركيز الأكسجين بدلالة الزمن بعد حقن كمية صغيرة من مادة التفاعل (الغلوكوز) باستعمال تركيز محدد من الإنزيم وفي درجة حرارة ثابتة (37°م) وعند درجة pH ثابتة = 7. تم حقن كمية متساوية من الغلوكوز عند الزمنين ز1 وز2 تم حقن نفس الكمية من الغلوكوز. النتائج ممثلة في الوثيقة (4).

الوثيقة (4)

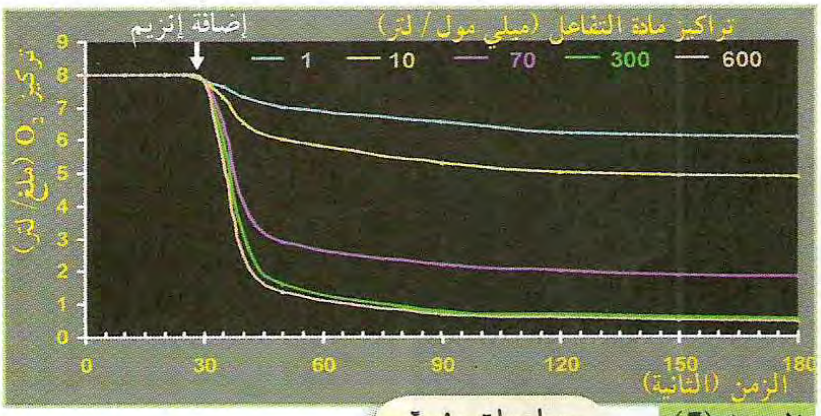
استغلال الوثائق:

1. حلل وفسر المنحنى بعد الحقن الثاني ؟
2. ما هي المعلومة الإضافية التي يمكن استنتاجها حول عمل الإنزيم ؟

التجربة 3:

دراسة تغيرات السرعة الابتدائية للتفاعل الإنزيمي (Vi = vitesse initiale) بدلالة تركيز مادة التفاعل (الغلوكوز).

تم في هذه الحالة إجراء سلسلة من 5 تجارب تم في كل تجربة استعمال نفس التركيز من الإنزيم وتراكيز متغيرة من مادة التفاعل (الغلوكوز) في كل تجربة (1، 10، 70، 300، 600 ميكرومول من S/لتر). تم إجراء التجارب الخمسة عند نفس درجة الحرارة (37°م) وعند نفس درجة pH(7). نتائج التجارب الخمسة ممثلة في منحنيات الوثيقة (5). كما يوضح الجدول (1) قيم السرعة الابتدائية التي تم استخراجها من معطيات الوثيقة (5).



الوثيقة (5)

تركيز S	Vi (ملغ/ل/ دقيقة)
1	3.6
10	9.6
70	28.8
300	34.8
600	34.8

الجدول (1)

معلومات مفيدة

سرعة التفاعل V (Vitesse): هي الزيادة في تركيز ناتج التفاعل P (Produit) أو الانخفاض في تركيز مادة التفاعل S (Substrat) في وحدة الزمن (دقيقة عادة). في حالة إنزيم GO يتم قياس الإنخفاض في تركيز الأكسجين لأن الأكسجين يستهلك أثناء التفاعل.

S = Substrat أو مادة التفاعل (ركيزة)

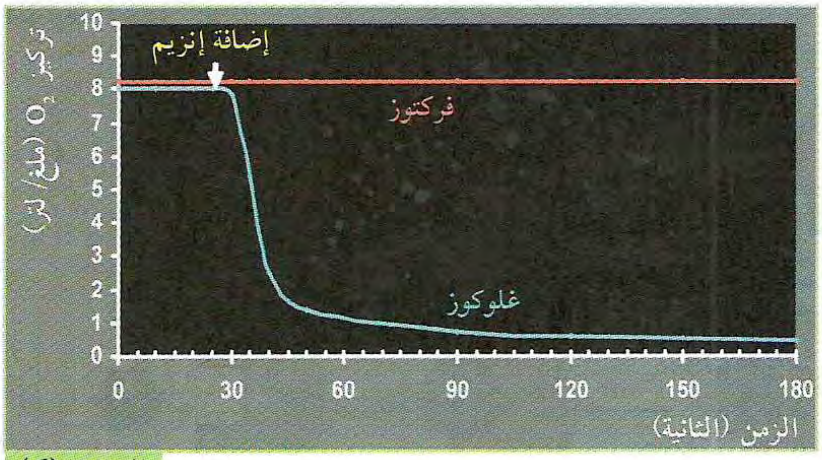
E = Enzyme أو الإنزيم

P = Produit أو ناتج

استغلال الوثائق:

1. أرسم منحنى تغيرات سرعة التفاعل بدلالة تركيز مادة التفاعل باستعمال المعطيات في الجدول (1) ؟ حلل المنحنى الناتج ؟ ماذا تستنتج ؟
2. اقترح فرضية أو فرضيات لتعليل تغيرات سرعة التفاعل الإنزيمي في التراكيز المرتفعة لمادة التفاعل ؟

التجربة 4: دراسة تغيرات تركيز الأكسجين بدلالة الزمن في وجود الغلوكوز أو الفركتوز. أنجزت في هذه المرة تجربتين تم في كل منها قياس تغيرات تركيز الأكسجين في وسط التفاعل المحتوي على تركيز ثابت من الإنزيم GO بالإضافة إلى سكر الغلوكوز أو الفركتوز في درجة حرارة ثابتة (37°م) وعند درجة pH ثابتة (7). النتائج ممثلة في الوثيقة (6).

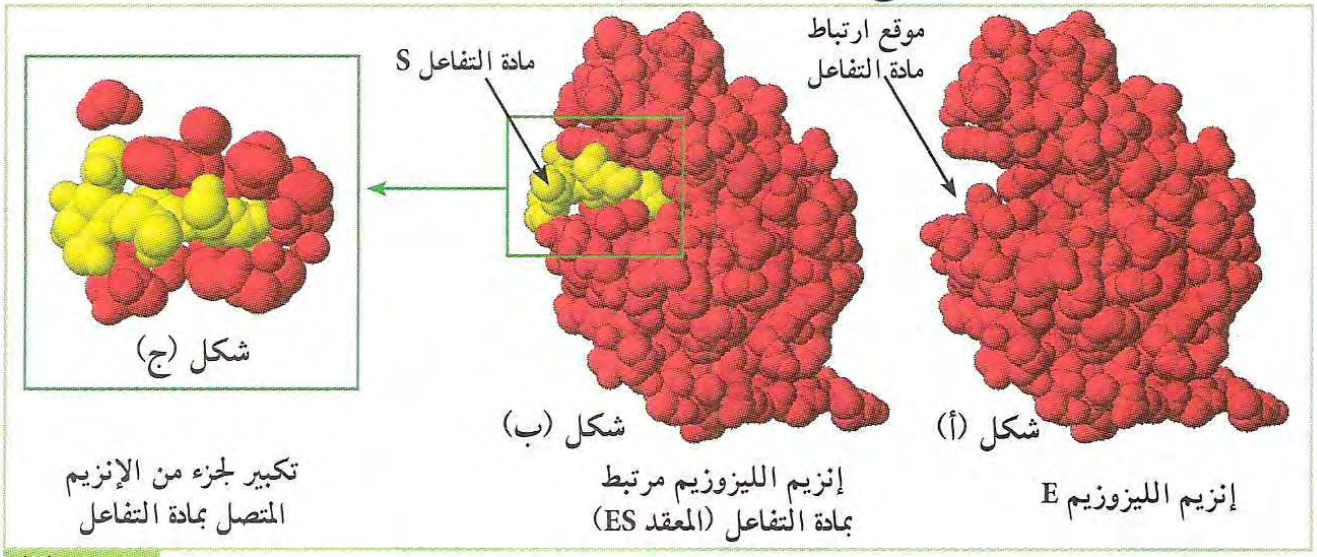


الوثيقة (6)

- فسر عدم استهلاك الأكسجين في حالة الفركتوز ؟ ماذا تستنتج فيما يخص علاقة الإنزيم بمادة التفاعل ؟

❹ النماذج الجزيئية للإنزيم ومادة التفاعل

تم عن طريق برنامج راستوب تمثيل البنية الفراغية لإنزيم الليزوزيم E في غياب مادة التفاعل وفي وجودها ES فتحصلنا على النماذج الجزيئية الموضحة في الوثيقة (7).



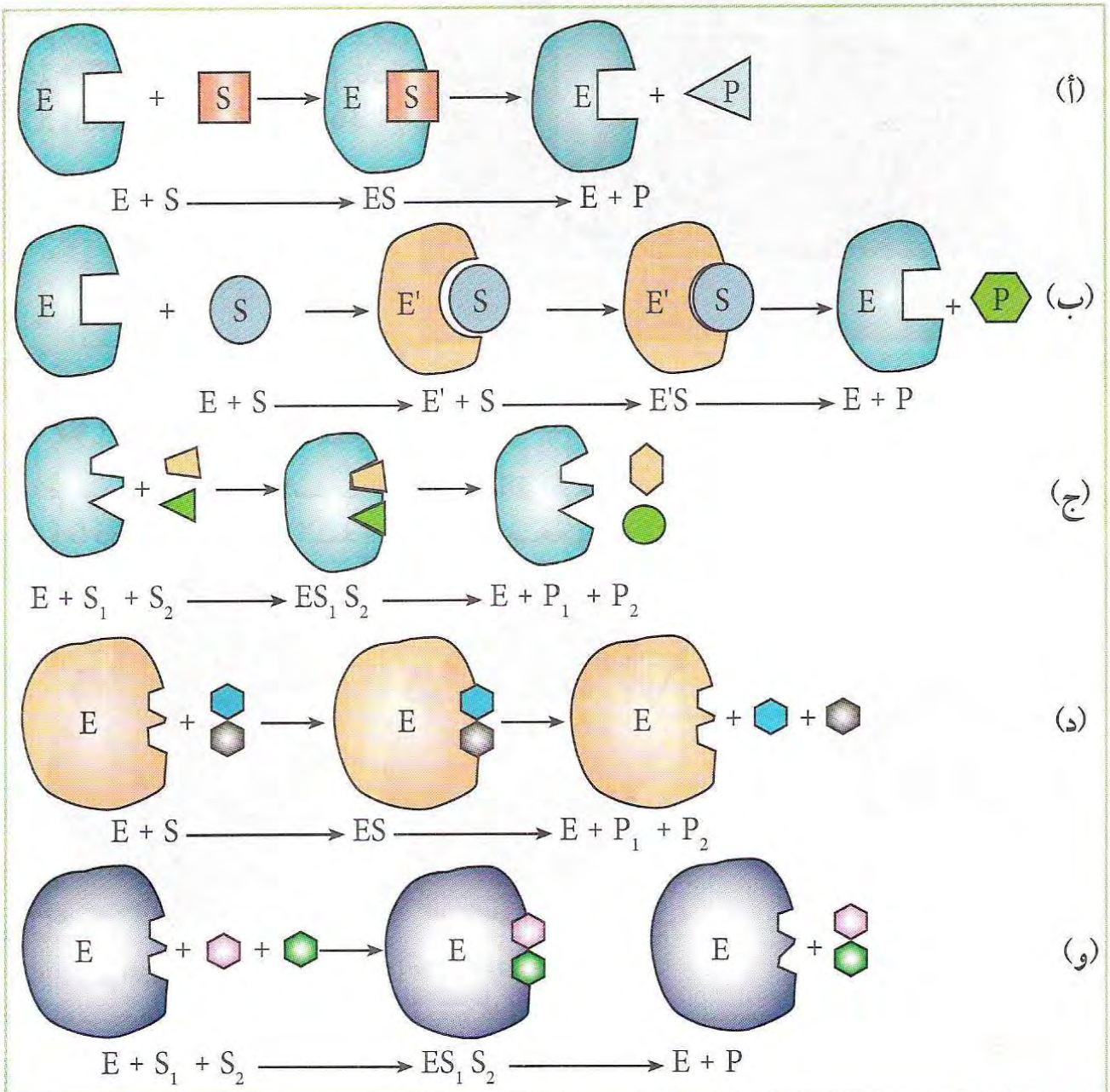
الوثيقة (7)

استغلال الوثائق:

1. ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة بين البنية الفراغية للإنزيم ومادة التفاعل انطلاقا من الشكلين (ب) و(ج) من الوثيقة (7) ؟
2. ماهي العلاقة بين أشكال الوثيقة (7) وثبات سرعة التفاعل عند التراكيز العالية لمادة التفاعل في التجربة 3 ؟
3. هل تأكدت إحدى الفرضيات المقترحة سابقا ؟
4. اقترح تسمية لموقع ارتباط مادة التفاعل مع الإنزيم ؟

5 العلاقة بين الإنزيم ومادة التفاعل

لتوضيح أكثر للعلاقة بين الإنزيم ومادة التفاعل في الحالات المختلفة نقترح الأشكال الموضحة في الوثيقة (8).



الوثيقة (8)

استغلال الوثائق:

1. قارن شكل الإنزيم ومادة التفاعل في الشكلين (أ) و(ب) من الوثيقة (8) قبل وبعد الإرتباط ؟ ماذا تستنتج ؟
2. بالإعتماد على نواتج التفاعلات لكل إنزيم حدد نوع التفاعل الذي يقوم به الإنزيم في الحالات (ج)، (د)، (و) ؟ ماهو نوع التفاعل الذي ينتمي إليه إنزيم GO وCatalase ؟ علل ذلك.

النشاط 3

دراسة تأثير تغيرات درجة pH الوسط على نشاط الإنزيم

يتأثر نشاط الإنزيمات بشروط الوسط الذي يعمل فيه الإنزيم، من بين هذه الشروط درجة حموضة الوسط.

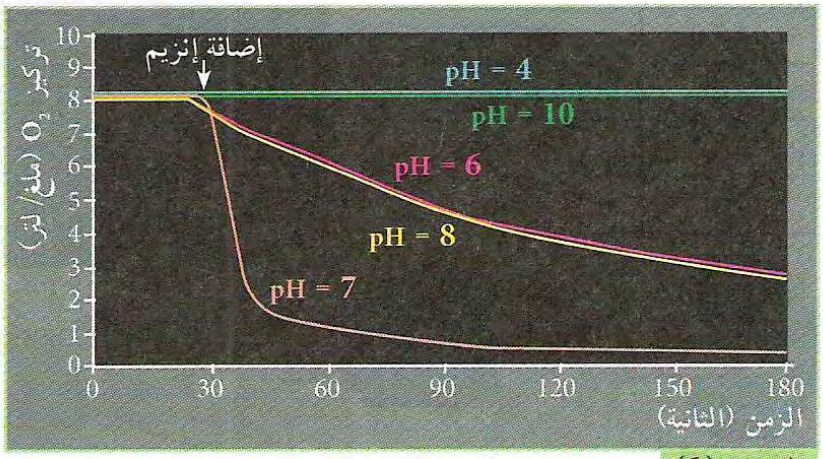
➢ كيف تؤثر درجة الحموضة على نشاط الإنزيمات ؟

تأثير تغيرات درجة pH

تم في هذه الحالة إجراء سلسلة من 5 تجارب حيث في كل تجربة استعمل نفس التركيز من الإنزيم ونفس التركيز من مادة التفاعل وفي كل تجربة تغير درجة pH (4، 6، 7، 8، 10). اجريت التجارب الخمسة في نفس درجة الحرارة (37°م). نتائج التجارب الخمسة ممثلة في الوثيقة (1).

pH	Vi (ملغ/ ل/ دقيقة)
4	0
6	3.6
7	33.6
8	3.6
10	0

Vi = السرعة الابتدائية



الوثيقة (1)

1. حلل المنحنيات ثم استنتج تأثير pH على نشاط الإنزيم ؟
2. أرسم منحنى تغيرات سرعة التفاعل بدلالة درجة pH ؟ ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة بينهما ؟
3. من خلال معارفك السابقة حول بنية وخصائص البروتين إقترح تفسيرا لآلية تأثير pH على نشاط الإنزيم ؟

النشاط 4

دراسة تأثير تغيرات درجة الحرارة على نشاط الإنزيم

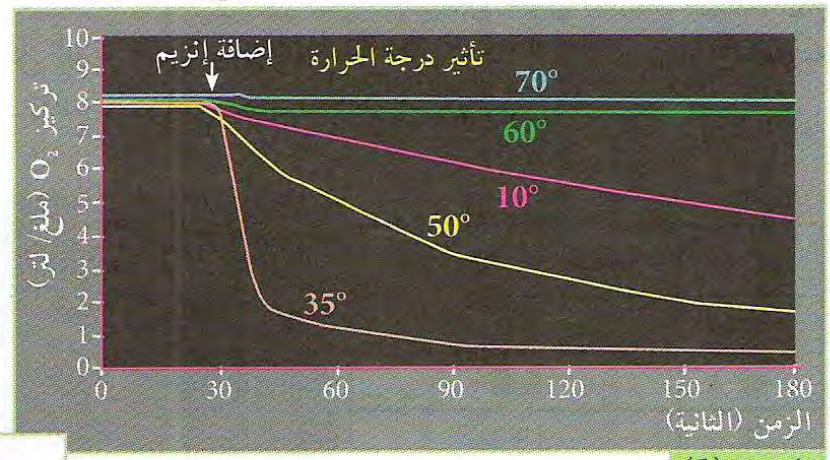
يتأثر نشاط الإنزيمات بعوامل الوسط والتي من بينها درجة الحرارة.

➢ فكيف تؤثر درجة الحرارة على نشاط الإنزيمات

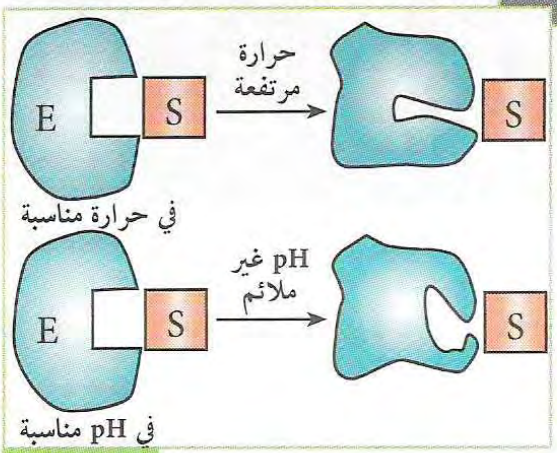
تأثير تغيرات درجة الحرارة

تم في هذه الحالة إجراء سلسلة من 5 تجارب حيث في كل تجربة استعمل نفس التركيز من الإنزيم ونفس التركيز من مادة التفاعل وفي كل تجربة يتم تغيير درجة الحرارة (10، 35، 50، 60، 70)، اجريت التجارب الخمسة في نفس درجة pH (7). نتائج التجارب الأربعة ممثلة في الوثيقة (1).

درجة الحرارة	Vi (ملغ/ ل/ دقيقة)
10	2.40
35	33.96
50	6.00
60	0.72
70	0.36



الوثيقة (1)



الوثيقة (2)

استغلال الوثائق:

1. حلل النتائج ثم استنتج تأثير الحرارة على نشاط الإنزيم؟
2. أرسم منحنى تغيرات سرعة التفاعل بدلالة درجة الحرارة ؟ ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة بينهما ؟
3. من خلال معارفك السابقة حول بنية ومكونات البروتين إقترح تفسيرا لآلية تأثير الحرارة على نشاط الإنزيم ؟

يمكن حوصلة تاثير الحرارة المرتفعةودرجة الحموضة غير المناسبة على الإنزيم في الرسم التخطيطي الموضح في الوثيقة (2).

- حدد أوجه التشابه والاختلاف في تأثير كل من الحرارة وpH على نشاط الإنزيم.

* انطلاقا من المعارف المبنية ومعارفك الخاصة أكتب نصا علميا تلخص فيه أهمية التعرف على خصائص الإنزيمات وشروط عملها مبرزا العلاقة بينها وبين ضمان شروط صحية لحياة أطول.

الحصيلة المعرفية

النشاط ❶: مفهوم الإنزيم وأهميته

الإنزيمات هي بروتينات تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية في شروط محددة وتتميز بتأثيرها النوعي اتجاه مادة التفاعل (الركيزة) وهي لا تستهلك أثناء التفاعل.

النشاط ❷: النشاط الإنزيمي وعلاقته ببنية الإنزيم

يمكن إظهار وجود النشاط الإنزيمي في الخلايا النباتية أوالحيوانية بالتجربة الاعتيادية كما يمكن قياس نشاط الإنزيم بدقة وبسرعة بالاستعانة بالتجريب المدعم بالحاسوب.

يتم تحديد نشاط الإنزيم من خلال قياس الانخفاض في تركيز مادة التفاعل S المتحولة إلى ناتج P أو الزيادة في تركيز الناتج المتكون نتيجة لحدوث التفاعل. يمكن حساب سرعة التفاعل من خلال تغيرات تركيز S أو P في وحدة الزمن. يتم بعد ذلك رسم منحنيات سرعة التفاعل بدلالة تركيز مادة التفاعل أو شروط الوسط.

من خلال التجريب المدعم بالحاسوب يمكن الاستنتاج أن التفاعل يتم بسرعة كبيرة في وجود الإنزيم بينما يتم ببطئ شديد أو لا يتم تماما في غياب الإنزيم. كما يعمل الإنزيم غالبا على نوع واحد من مادة التفاعل كما أن الإنزيمات تقوم بعملها دون أن تتأثر أو تستهلك أثناء التفاعل.

يعتمد التأثير النوعي للإنزيم ومادة التفاعل على تشكل معقد إنزيم-مادة التفاعل ES. تتكون أثناء تشكل المعقد روابط ضعيفة انتقالية بين مادة التفاعل ومنطقة صغيرة من الإنزيم تعرف بالموقع الفعال.

يكون شكل الموقع الفعال مكملا لشكل مادة التفاعل ، وقد يحدث هذا التكامل عند اقتراب مادة التفاعل حيث تحفز الإنزيم على تغيير بنيته الفراغية فيصبح الموقع الفعال مكملا لشكل مادة التفاعل: التكامل المحفز Adaptation induite.

إن التكامل بين الموقع الفعال ومادة التفاعل يحدث نتيجة لتوضع المجموعات الكيميائية لمادة التفاعل في المكان المناسب مع المجموعات الكيميائية لجذور بعض الأحماض الأمينية في الموقع الفعال للإنزيم.

تقوم الإنزيمات بتنشيط أنواع مختلفة من التفاعلات منها: تفاعلات تفكيك (تبسيط) أو تركيب أو تحويل مادة أو مواد التفاعل. قد تكون للإنزيم الواحد مادة تفاعل واحدة أو مادتين أو أكثر.

النشاط ❸: دراسة تأثير تغيرات درجة pH الوسط على نشاط الإنزيم

لكل إنزيم درجة pH مثلى يكون عندها نشاط الإنزيم أعظميا. تؤثر درجة حموضة الوسط على شحنة المجموعات الكيميائية الحرة في جذور الأحماض الأمينية وخاصة تلك الموجودة في الموقع الفعال للإنزيم مما يمنع حدوث التكامل بين المجموعات الكيميائية للإنزيم في الموقع الفعال والمجموعات الكيميائية لمادة التفاعل. يبلغ نشاط الإنزيم أقصاه عند درجة pH معينة تسمى pH المثلى (تختلف من إنزيم لآخر).

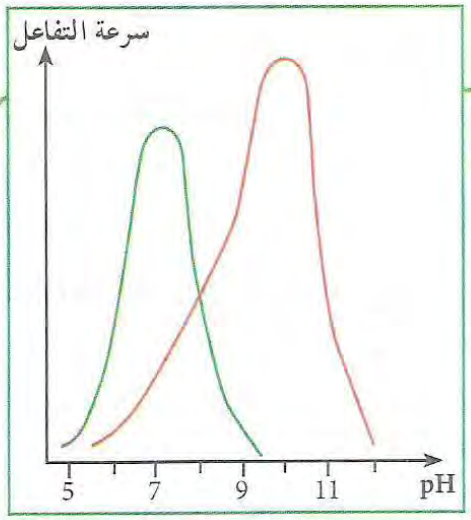
النشاط ❹: دراسة تأثير تغيرات درجة الحرارة على نشاط الإنزيم

تؤثر درجة الحرارة على نشاط الإنزيم. ينخفض نشاط الإنزيم عند انخفاض درجة الحرارة ويتوقف النشاط كليا وبصورة عكسية عند الحرارة المنخفضة بسبب قلة حركة الجزيئات.

عند الحرارة المرتفعة يبدأ تخرب الإنزيم (بسبب تكسير بعض الروابط المحافظة على بنيته الفراغية). تفقد الإنزيمات بنيتها الفراغية الصحيحة بصورة غير عكسية (تخريب) عند الحرارة المرتفعة وتفقد بالتالي نشاطها. يبلغ نشاط الإنزيم أقصاه عند درجة حرارة معينة تسمى الحرارة المثلى (37° م عند الإنسان).

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

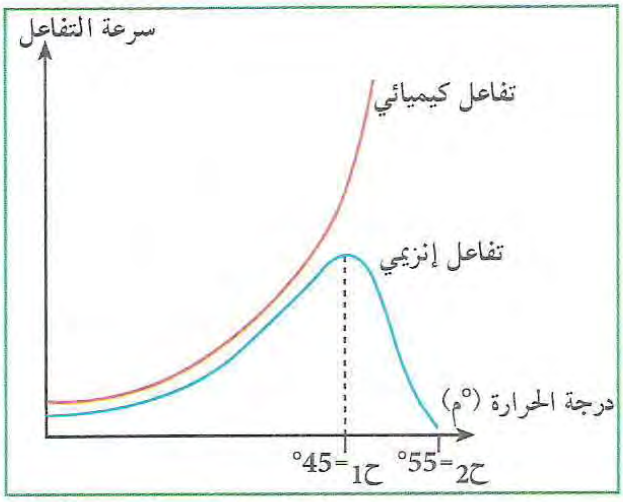
التمرين 1



أعطت دراسة تاثير درجة pH على نشاط إنزيمين هما: amylase وmonoamine oxydase. النتائج الموضحة في الوثيقة.

1. حلل المنحنيين ثم حدد pH المثلى لكل إنزيم. ماذا تستنتج ؟
2. من خلال النتائج المتوصل إليها لخص في بضعة أسطر تأثير تغير pH على نشاط الإنزيمات ؟

التمرين 2



دراسة حركية تفاعلات إنزيمي وتفاعل كيميائي أعطى النتائج الممثلة في الوثيقة.

1. قارن سرعة التفاعل في الحالتين، ماذا تستنتج حول مميزات التفاعل الإنزيمي ؟
2. ماذا تمثل درجات الحرارة ح 1 وح 2 على المنحنى ؟
3. لخص في بضعة أسطر تأثير الحرارة على النشاط الإنزيمي مع التعليل ؟

التمرين 3

يبدأ هضم البروتينات المتواجدة في الغذاء على مستوى المعدة، حيث تقوم خلايا جدار المعدة بتركيب إنزيمات تسمى (ببسينات) وإفرازها في لمعة المعدة في صورة خاملة تحول بعد إفرازها إلى حالة نشطة. يقوم إنزيم الببسين بتفكيك الرابطة البتيدية عند مواضع محددة (عند Tyr وPhe) في عصارة المعدة ذات pH الحامضي (pH = 2). لذلك تتفكك السلسلة الببتيدية إلى قطع ببتيدية وليس إلى أحماض أمينية. يستمر هضم البروتينات في الإثنى عشر بواسطة إنزيمات أخرى مثل إنزيم trypsine الذي يفكك الرابطة الببتيدية عند الحمض الأميني Lys وعند Arg حيث يكون pH = 6.5.

1. استخرج من هذا النص العلمي بعض خصائص الإنزيم ؟
2. ما هو ناتج معاملة الببتيد التالي بإنزيم ببسين وإنزيم تربسين ؟ قارن نواتج التحلل في الحالتين ؟

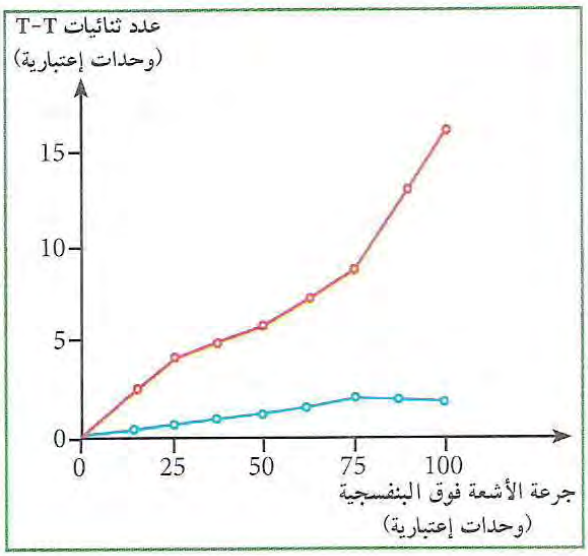
Ala-Gly-Tyr-Arg-Ser-Phe-Glu-Val-Lys-Leu

3. ما هي احتمالات نواتج التحلل لكل إنزيم ؟

التمرين 4

مرض البقع البنية المعرف بـ Xeroderma pimentosum من الصنف B هو مرض وراثي يتميز بظهور بقع بنية على جلد المريض. المعطيات التالية تقدم لنا بعض المعلومات حول ظهور المرض:

حيث تقوم الأشعة فوق البنفسجية UV بتغيير تركيب ADN بتكوين رابطة بين قاعدتين T(T-T) وهو ما يعرف بثنائي ثايمين في نفس السلسلة مما يعيق عمل الخلايا ويؤدي إلى موتها.



يتم تعريض خلايا الجلد من شخص مريض وشخص سليم لجرعات متزايدة من الأشعة فوق البنفسجية لمدة 24 ساعة. ثم يقاس بطرق خاصة عدد ثنائيات T-T المتشكلة. النتائج موضحة في منحنى الوثيقة الموالية.

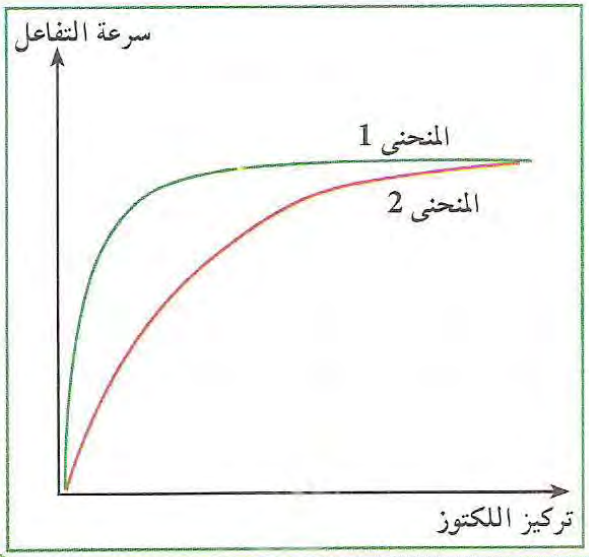
عند دراسة نشاط الإنزيمات في النوعين من الخلايا تبين غياب نشاط أحد الإنزيمات عند الأشخاص المصابين، هذه الإنزيمات معروفة بإنزيمات تصليح الخلل في ADN.

1. كيف تظهر البقع البنية على جلد الشخص المصاب ؟

2. لماذا لا تظهر البقع عند الشخص السليم رغم تعرضه للأشعة فوق البنفسجية ؟

3. استخلص من النتائج قاعدة هامة تخص سلامة المعلومات الوراثية ؟

التمرين 5



يقوم إنزيم اللكتاز بإماهة سكر اللكتوز إلى غلوكوز + غلكتوز. تم قياس السرعة الإبتدائية لتفاعل الإماهة بدلالة تركيز اللكتوز في غياب مركب ثيولكتوز (المنحنى 1) وفي وجوده (المنحنى 2). النتائج موضحة في الوثيقة.

1. حلل المنحنيين. استنتج تأثير إضافة ثيولكتوز على نشاط الإنزيم.

2. قدم تفسيرا لآلية تأثير مركب ثيولكتوز إذا علمت أن صيغته: ($C_{12}H_{22}O_{10}S$) قريبة جدا من صيغة اللكتوز ($C_{12}H_{22}O_{11}$).

التمرين 6

خميرة الخبز هي كائن حي أحادي الخلية له عدة استعمالات في الحياة اليومية. لغرض تحديد المركبات التي تستعملها الخميرة كمصدر للطاقة نجري التجارب التالية:

التجربة 1: يتم سحق كتلة من الخميرة في الماء المقطر باستعمال هاون يوضع بعدها المستخلص في 3 أنابيب إختبار:

الأنبوب (أ): حجم من المستخلص + حجم من السكروز.

الأنبوب (ب): حجم من المستخلص + حجم من المالتوز.

الأنبوب (ج): حجم من المستخلص + حجم من ماء مقطر.

يتم الكشف عن الغلوكوز في الأنابيب الثلاثة، النتائج موضحة في جدول الوثيقة (1).

الأنبوب	أ	ب	ج
الكشف عن الغلوكوز	+	+	–

(+) موجود (–) غير موجود الوثيقة (1)

– حلل النتائج المبينة في الجدول. ماذا تستنتج؟

التجربة 2 : تترك الخميرة في ماء مقطر لمدة ساعة ثم ترشح ويتم توزيع الراشح على ثلاثة أنابيب كالتالي:

الأنبوب أ1 : حجم من الراشح + حجم من محلول السكروز

الأنبوب ب1 : حجم من الراشح + حجم من محلول المالتوز

الأنبوب ج1 : حجم من الراشح + حجم من ماء مقطر

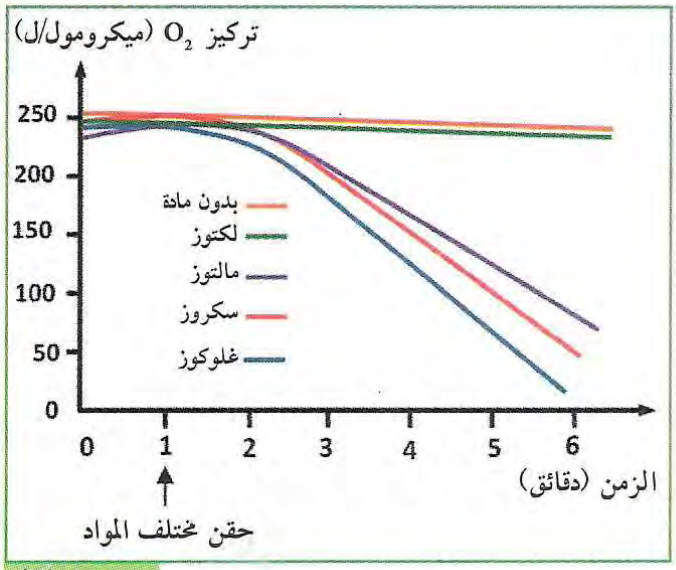
يتم الكشف عن الغلوكوز في الأنابيب الثلاثة النتائج موضحة في جدول الوثيقة (2).

الأنبوب	أ1	ب1	ج1
الكشف عن الغلوكوز	+	–	–

الوثيقة (2)

– قارن نتائج التجربتين 1 و2، ماذا تستنتج ؟

تجربة 3: باستعمال تركيب تجريبي مدعم بالحاسوب ExAO يتم قياس تركيز O2 في وسط تضاف إليه خلايا الخميرة ويتم اختبار تأثير إضافة عدد من المواد الغذائية إلى الوسط. نتائج التجربة موضحة في منحنى الوثيقة.



الوثيقة (3)

1. ما هي أهمية إجراء تجربة بدون إضافة أي مادة تفاعل ؟

2. ما هي العلاقة بين نتائج التجربة 3 وقابلية الخميرة على استعمال المادة الغذائية السكرية ؟

الوحدة 4

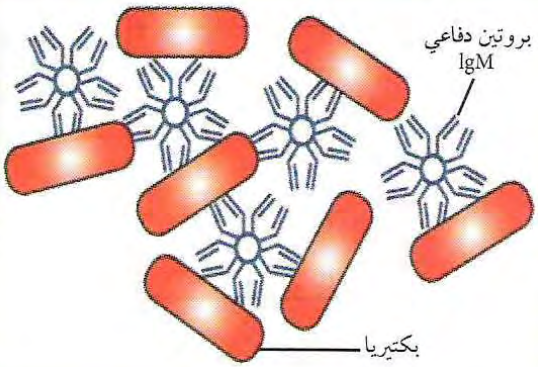
دور البروتينات في الدفاع عن الذات

تتعرض العضوية للغزو الخارجي من طرف أجسام غريبة، فتظهر عليها أعراض غير طبيعية نتيجة السموم التي تسببها الأجسام الغازية، لكن سرعان ما تستعيد نشاطها بفضل الجهاز المناعي الذي له القدرة على معرفة الذات واللاذات (الأجسام الغريبة)، وتلعب البروتينات المناعية في هذا المجال دورا أساسيا.

➢ كيف تميز العضوية بين الذات واللاذات (الأجسام الغريبة) ؟ ما دور البروتينات المناعية في التعرف على اللاذات والقضاء عليها ؟ كيف تتم الإستجابة المناعية ؟ ما هي الآثار الناجمة عن عجز الجهاز المناعي ؟

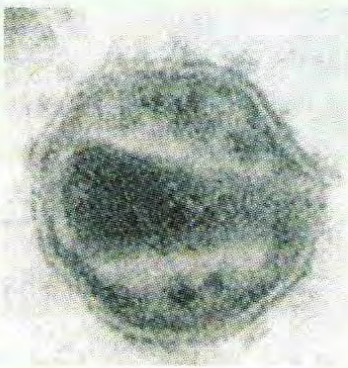
خلية لمفاوية (1) تهاجم خلية مصابة بفيروس (2)

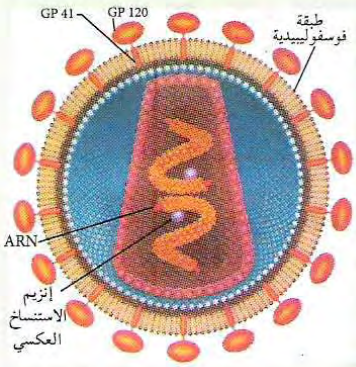
بعض أعراض الزكام



عناصر الوحدة

1. تذكير بالمكتسبات
2. الذات واللاذات
3. طرق التعرف على محددات المستضد
4. المعقد المناعي
5. مصدر الأجسام المضادة
6. طرق تأثير اللمفايات LT
7. مصدر اللمفاوية LT
8. سبب فقدان المناعة المكتسبة


صورة بالمجهر الإلكتروني لفيروس VIH المسبب للسيدا



رسم تخطيطي لفيروس VIH المسبب للسيدا

النشاط 1

تذكير بالمكتسبات

يصادف الجسم الغريب عند محاولة اختراقه للعضوية أو دخوله لها خطوط دفاعية تعمل على إقصائه قبل الوصول إلى الوسط الداخلي حيث في كل مرة يتدخل نوع معين من الخلايا أو الجزيئات التي تواجهه لتقضي عليه.

➢ فما هي مختلف هذه الخطوط الدفاعية ؟ وما هي العناصر المتدخلة في كل خط ؟

❶ الحواجز الطبيعية ضد العناصر الغريبة

وصول العنصر الغريب إلى الوسط الداخلي للعضوية يتطلب اختراق حواجز طبيعية التي تعمل على منع وصوله، واختراقه للعضوية يؤدي إلى مواجهته بخط دفاعي ثالث.

يمثل جدول الوثيقة (1) الخطوط الدفاعية الطبيعية الثلاثة التي تستعملها العضوية ضد كل جسم غريب:

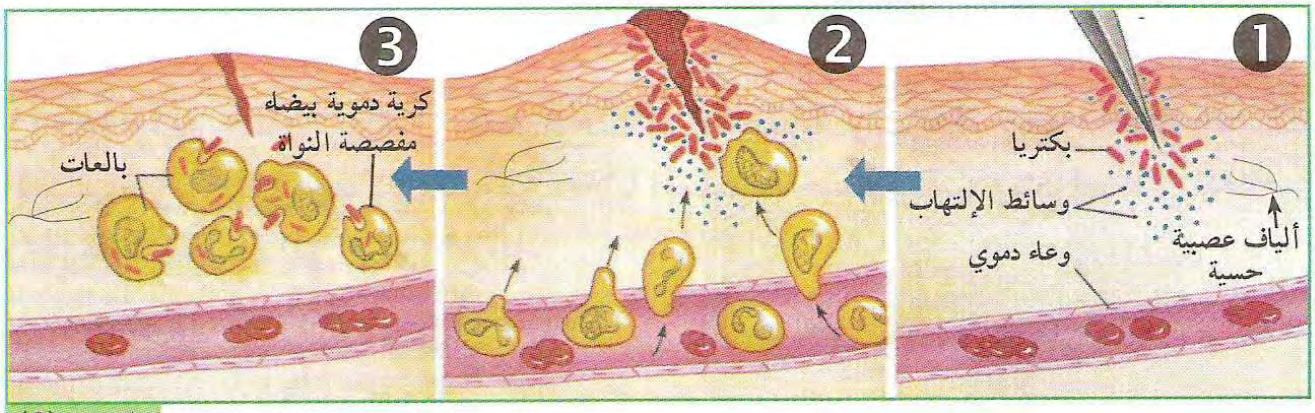
نوع الدفاع I		نوع الدفاع II
الخط الدفاعي الأول	الخط الدفاعي الثاني	الخط الدفاعي الثالث

الوثيقة (1)

1. بناءا على معلوماتك في السنة الرابعة متوسط والمعطيات السابقة، املأ الجدول بوضع العناصر المناسبة التي تتدخل في كل خط دفاعي.
2. قدم تسمية لآليتي الدفاع (I وII).

❷ أمثلة عن بعض التفاعلات الدفاعية

المثال الأول: تمثل الوثيقة (2) التفاعلات الالتهابية التي تتم في احدى الخطوط الدفاعية السابقة إثر وخز أصبع بشوكة ملوّثة، حيث يلاحظ بعد مدة من الوخز انتفاخ، ارتفاع درجة الحرارة، احمرار وألم على مستوى الأصبع. الأشكال الثلاثة التالية تمثل مقاطع نسيجية على مستوى الأصبع ملاحظة في أزمنة مختلفة.

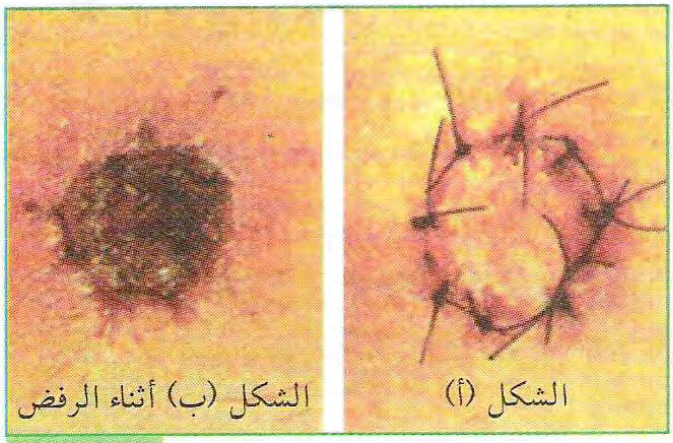


الوثيقة (2)

- قارن بين الشكلين (1 و2)، ثم بين الشكلين (2 و3). ماذا تستخلص ؟

المثال الثاني: تمثل الوثيقة (3) زراعة جلد شخص (س) (المعطي) للشخص (ع) (المستقبل) حيث الشكل (أ) يبين حالة الطعم (الجلد المزروع) في الأيام الأولى من الزرع، بينما الشكل (ب) يمثل نفس الطعم بعد إثنى عشر يوما.

- بالاعتماد على النتيجة الملاحظة في الشكل (ب) من الوثيقة (3)، بين سبب رفض الطعم.



الوثيقة (3)

* بناءا على ما جاء في هذا النشاط، لخص في نص علمي كيف تتصدى العضوية لمختلف الأجسام الغريبة.

النشاط 2

الذات واللاذات

يتنبه الجهاز المناعي بدخول جسم غريب إلى العضوية، ويتم هذا بفضل بعض جزيئات الغشاء الهيولي الذي يحد كل خلية من خلايا العضوية، حيث يراقب ويتعرف على العناصر والجزيئات الغريبة التي تريد إختراقه.

- **فيما تتمثل الجزيئات الغشائية التي تكسب الغشاء خاصية التعرف على اللاذات ؟**
- **كيف تتوضع هذه الجزيئات في الغشاء ؟ وماهي طبيعتها الكيميائية ؟**

⇦ **دور الغشاء الهيولي في التعرف على اللاذات:**

❶ تجربة الوسم المناعي

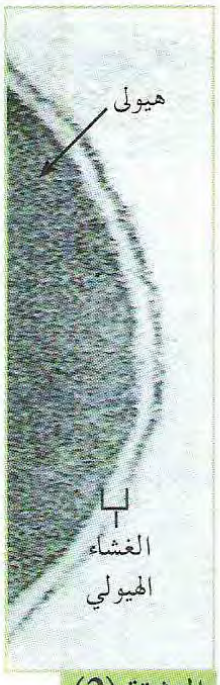
الوثيقة (1)

تمثل الوثيقة (1) نتيجة تقنية الوسم المناعي، ممثلة في حضن خلية لمفاوية مع أجسام مفلورة للبروتينات.

بالاعتماد على هذه النتيجة:

1. حدد مناطق تمركز التفلور.
2. ماذا تستخلص من هذه النتيجة ؟

❷ بنية الغشاء الهيولي بالمجهر الإلكتروني



الوثيقة (2)

بيّن المجهر الإلكتروني لمقاطع رقيقة في أغشية مثبة برابع أوكسيد الأوسميوم (OsO_4)، الذي يتثبّت على الأقطاب المحبة للماء للفسوليبيدات والبروتينات، (الصورة المبينة بالوثيقة 2).

بينما يبين جدول الوثيقة (3) نتائج التحليل الكيميائي لأغشية كريات الدم الحمراء المعزولة.

مكونات الغشاء	النسبة المئوية
البروتينات	%60
الدسم	%40

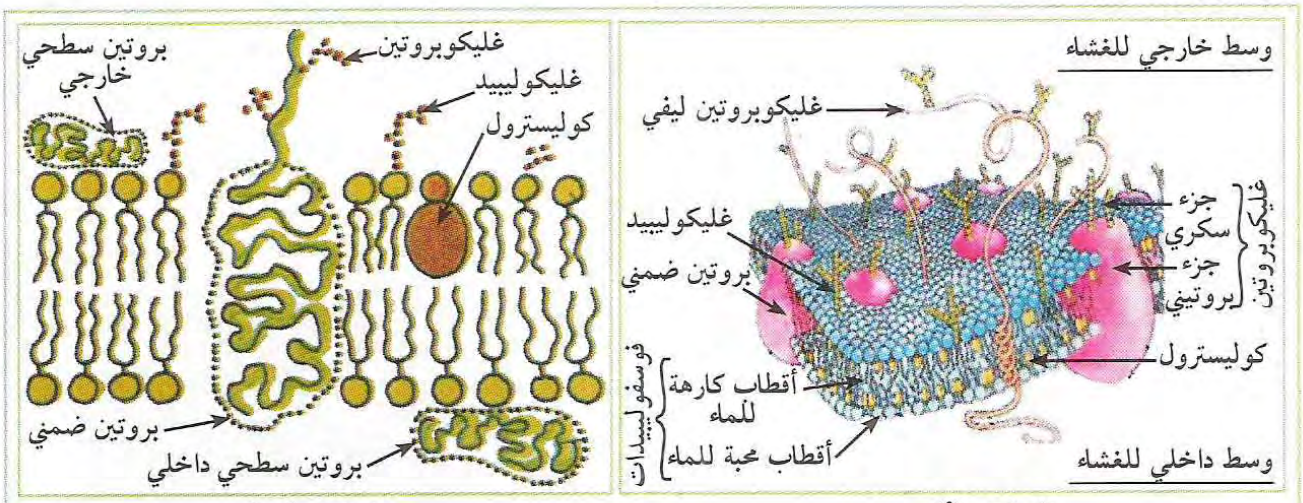
الوثيقة (3)

1. صف مظهر الغشاء انطلاقا من الوثيقة (2).
2. حلل نتائج جدول الوثيقة (3)، ماذا تستنتج ؟

❸ البنية الجزيئية للغشاء الهيولي

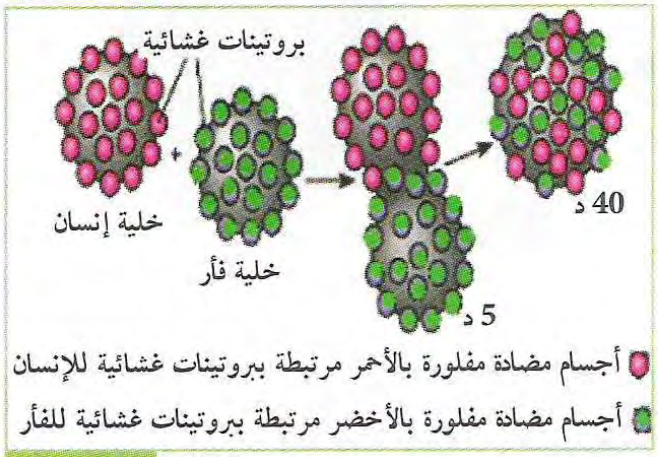
لمعرفة كيفيّة توضّع الجزيئات الغشائية السابقة وخصائصها نقدم لك الوثائق التالية:

- تبين الوثيقة (4) توضّع الجزيئات الكيميائية في الغشاء الهيولي حسب النموذج الفسيفسائي المائع.
  الشكل (أ): نموذج ثلاثي الأبعاد.
  الشكل (ب): مقطع للغشاء.
- بينما الوثيقة (5) فهي تبين رسومات تخطيطية لتجربة التهجين الخلوي لتحديد الخاصية الفزيائية التي تميز جزيئات الغشاء.



الشكل (أ) الشكل (ب)

الوثيقة (4)



الوثيقة (5)

1. قدّم وصفا لتموضع الجزيئات الكيميائية ضمن الغشاء إنطلاقا من شكلي الوثيقة (4).
2. حدد الجزيئات المميزة للسطح الخارجي للغشاء الهيولي انطلاقا من شكلي الوثيقة (4).
3. قارن بين توزع الفلورة بعد 5 و40 دقيقة الملاحظة في الوثيقة (5) ؟ ماذا تستنتج ؟
4. بالاعتماد على شكلي الوثيقة (4) ونتائج تجربة الوثيقة (5)، علل تسمية النموذج المقترح بالنموذج الفسيفسائي المائع ؟

معلومات مفيدة

التهجين الخلوي: هو دمج خليتين من كائنين مختلفين مثل دمج خلية فأر بخلية إنسان، يستعمل في ذلك تقنية خاصة بعد وسم الخليتين بأجسام مضادة خاصة، حيث تظهر فلورة خضراء للبروتينات الغشائية لخلية الفأر وفلورة حمراء للبروتينات الغشائية لخلية الإنسان، فتنتج خلية هجينة بها نواة فأر ونواة بشرية، يتم الدمج باستعمال مادة كيميائية هي Dymethyl suflexoïde أو فيروس سانداي، ويسمح مجهر التفلور من تحديد موضعها.

❹ الجزيئات الغشائية المتدخلة في التعرف على اللاذات

أمكن التوصل إلى معرفة الجزيئات المكونة للغشاء والممثلة في: بروتينات سكرية (غليكوبروتين)، بروتينات، دسم (فوسفوليبيد)، دسم سكرية (غليكوليبيد)، كوليسترول ...

• من بين الجزيئات السابقة المكونة للغشاء، ما هي الجزيئات المسؤولة عن التعرف على اللاذات ؟

لإظهار ذلك نستعرض التجربتين التاليتين:

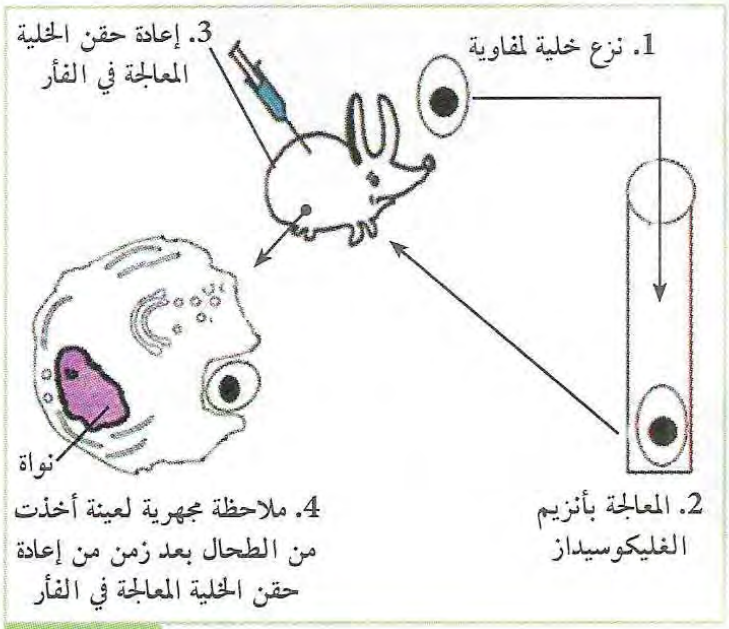
التجربة 1:

تبين الوثيقة (6) صورة بالمجهر الإلكتروني لخلية لمفاوية عوملت بتقنية خاصة، يمكن من خلالها ملاحظة الغليكوبروتينات الغشائية.

التجربة 2:

تم تخريب البروتينات السكرية الغشائية لخلايا لمفاوية منزوعة من فأر بإنزيم الغليكوسيداز، ثم حقنت هذه الخلايا في نفس الحيوان فلوحظ بلعمتها من طرف الخلايا البلعمية للفأر (الوثيقة 7).

الوثيقة (6) صورة بالمجهر الإلكتروني لخلية لمفاوية عوملت بتقنية خاصة حيث تبدو الغليكوبروتينات على سطح الغشاء بلون أسود.


1. نزع خلية لمفاوية
2. المعالجة بأنزيم الغليكوسيداز
3. إعادة حقن الخلية المعالجة في الفأر
4. ملاحظة مجهرية لعينة أخذت من الطحال بعد زمن من إعادة حقن الخلية المعالجة في الفأر
نواة

الوثيقة (7)

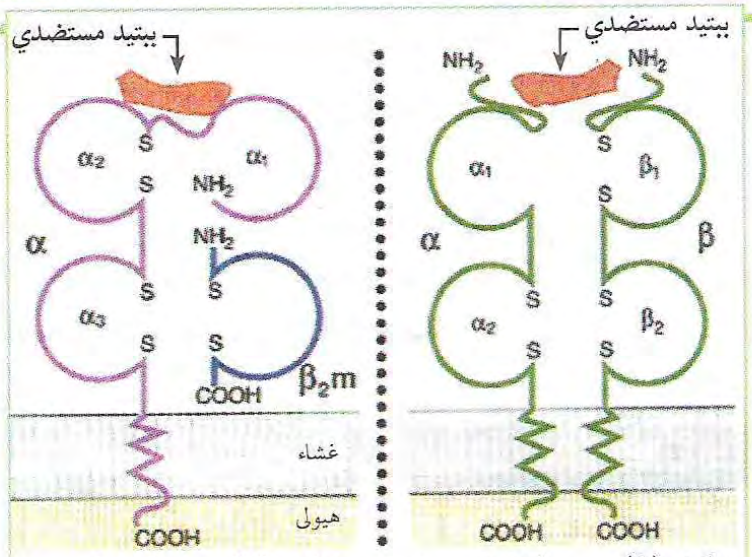
1. علل سبب بلعمة الخلية اللمفاوية في التجربة 2 الوثيقة (7) رغم أنها أخذت من نفس الحيوان.
2. بالاعتماد على نتائج التجربة 1 الوثيقة (6)، ونتائج التجربة 2 للوثيقة (7)، حدد الطبيعة الكيميائية للجزيئات الغشائية المسؤولة عن التعرف على اللاذات ؟

معقد التوافق النسيجي (CMH):

يعتبر معقد التوافق النسيجي CMH مجموعة من المورثات تشرف على إنتاج بروتينات غشائية محددة للذات تدعى بالـ HLA عند الإنسان وهي تظهر على مستوى السطح الخارجي لأغشية خلايا العضوية ابتداءا من الأسبوع السادس الجنيني وتبقى مدى الحياة، وهي نوعين HLA I يتواجد

على غشاء كل خلية بها نواة، وHLA II يوجد على سطح بعض الخلايا اللمفاوية B والبلعميات الكبيرة.

* اعتمادا على بنية كل جزيئة HLA الموضحة في الشكلين (1) و(2) من الوثيقة (8) ومعلوماتك حول البروتينات، قارن بين بنية كل جزيئة ؟



شكل (1): رسم تخطيطي يبين بنية HLAII

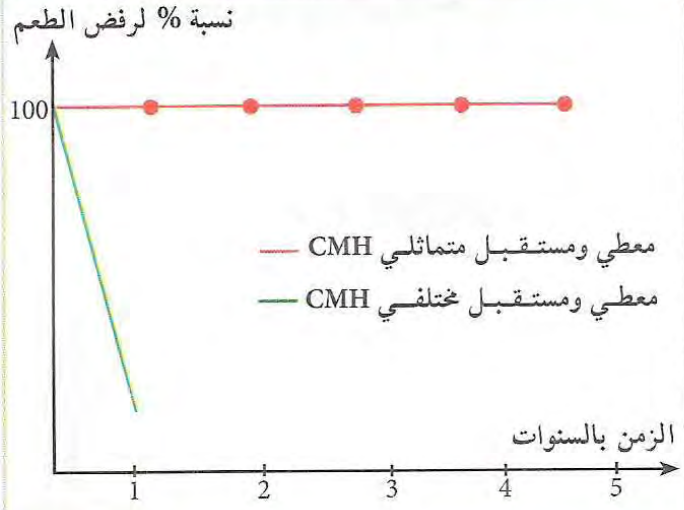
شكل (2): رسم تخطيطي يبين بنية HLAI

الوثيقة (8)

5 ملمح معقد CMH

أظهرت النتائج السابقة أن نواتج الـ CMH هي المحددة للذات. فما هي مميزات الـ CMH ؟

تبين الوثيقة (9) نسبة رفض الطعم عند نفس المستقبل وعدد معين من الأفراد المانحة.



رقم التجربة	المعطي والمستقبل	النتائج
1	من فخذ الشخص إلى ذراعه	قبول الطعم
2	الفردان توءمان حقيقيان	قبول الطعم
3	فردان من نفس النوع لكن يختلفان وراثيا	التهاب واحمرار في مكان الزرع ورفض الطعم بعد 10 أيام

الوثيقة (9)

1. حلل معطيات الجدول والنتائج الموضحة في منحنيي الوثيقة (9) ؟
2. استخرج العلاقة بين رفض الطعم ومعقد التوافق النسيجي للمانح والمستقبل ؟

معلومات مفيدة

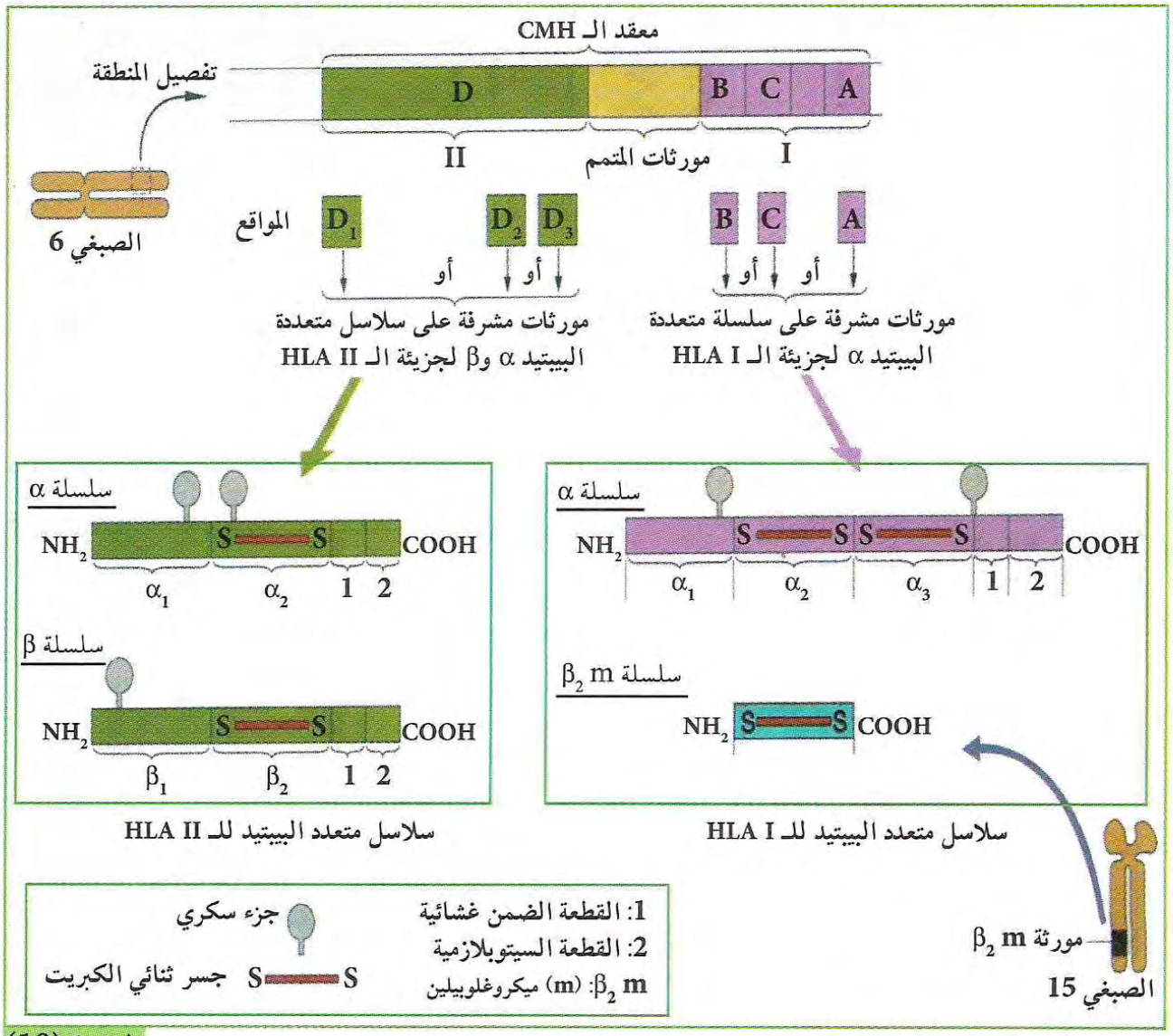
- يعتبر الـ HLA منتوج الـ CMH، حيث الـ CMH يكون على مستوى المورثات ويمثل معقد التوافق النسيجي. Complexe Majeur Histocompatibilité
- يتواجد الـ HLA على مستوى الجزيئات الغشائية لخلايا الإنسان Human Leucocyte Antigen.

❻ تحديد المنشأ الوراثي للـ HLA عند الإنسان

CMH	المواقع	عدد الأليلات
I	A	25
	B	50
	C	10
II	D	45

لمعرفة سبب آختلاف الـ CMH الذي يؤدي إلى رفض الطعم نجري الدراسة التالية:

- يوضح الجدول المقابل عدد الأليلات لكل مورثة.
- تبين الوثيقة (10) موقع مورثات الـ CMH على الصبغيات والجزيئات الناتجة عنها.



الوثيقة (10)

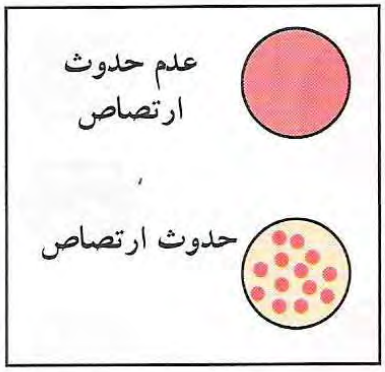
1. حدد المورثات التي تشرف على إنتاج جزيئات HLA I وHLA II إنطلاقا من الوثيقة (10) ؟
2. فسر إختلاف جزيئات HLA من شخص لآخر معتمدا على معطيات الجدول والصبغي رقم 6 ؟
3. ما هي المعلومة الإضافية التي تكمل تعريف الجزيئات المحددة للذات HLA ؟
4. هل توصلت إلى معرفة سبب اختلاف الـ CMH وبالتالي رفض الطعم ؟ اشرح ذلك.

* باستغلال المعلومات المتوصل إليها قدم إذا تعريفا للذات.

❼ مؤشرات الزمر الدموية

تحتوي أغشية الكريات الحمراء على جزيئات تميز الزمر ABO والريزوس.

أ) **الزمر الدموية ABO**: تحدد الزمر الدموية ABO بمعاملة كريات دم حمراء بمصل يحتوي أجساما مضادة. يحدث ارتصاص بارتباط الأجسام المضادة بالمستضدات الغشائية الموافقة لها والمتواجدة على سطح غشاء الكريات الحمراء، فيؤدي إلى تجمعها بتشكيل معقدات. نتائج اختبار عينات من دم مأخوذ من أفراد مختلفة سمحت بإنجاز الجدول (1)، بينما الجدول (2) يوضح الأجسام المضادة المتواجدة طبيعيا في مصل دم كل زمرة (الوثيقة 11).



الزمرة	مصل به ضد AB	مصل به ضد A	مصل به ضد B
A			
B			
AB			
O			

الجدول (1)

الزمرة	الأجسام المضادة
A	ضد B
B	ضد A
AB	لا شيء
O	ضد A وضد B

الجدول (2)

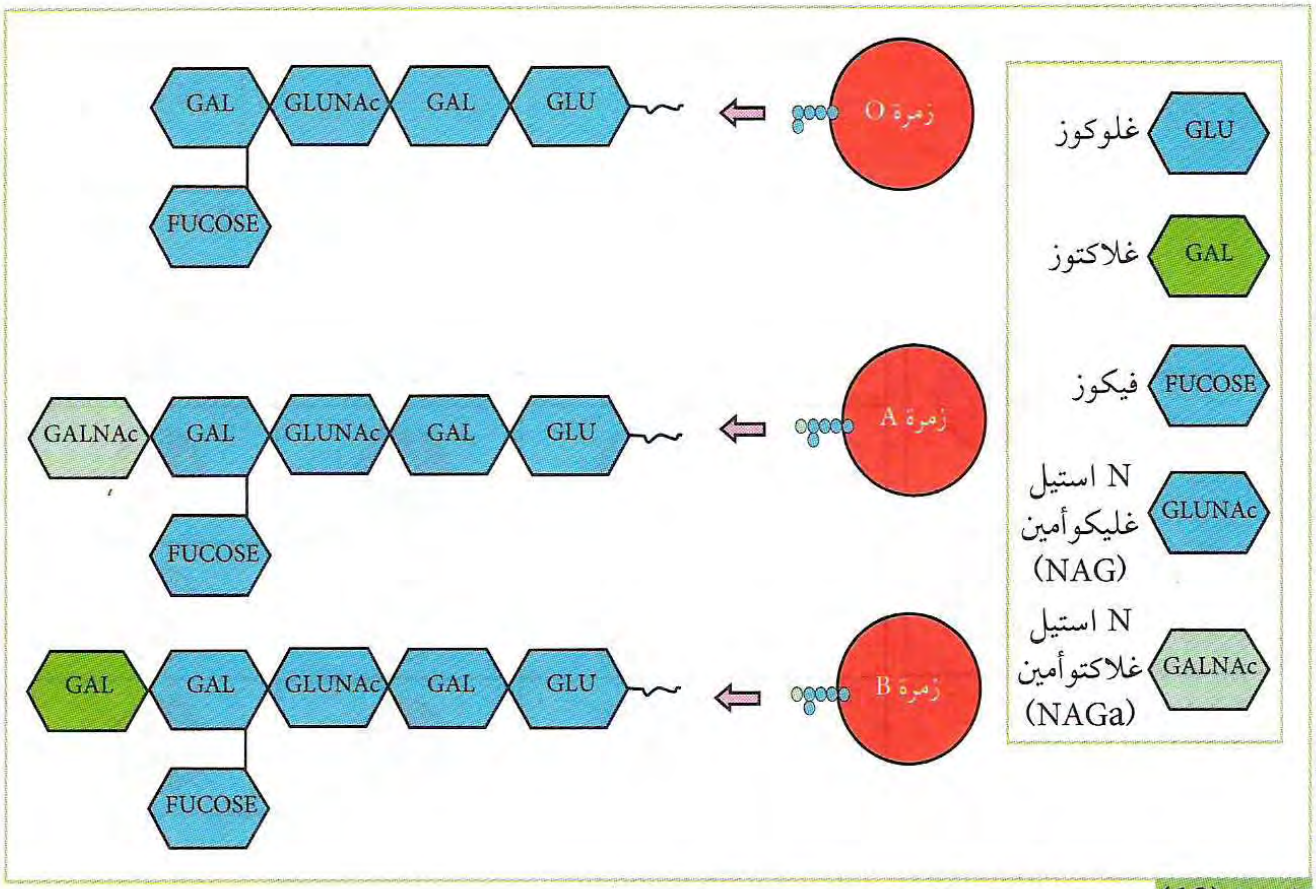
الوثيقة (11)

1. بالاعتماد على نتائج الجدول (1) استخلص المستضدات الغشائية لكل زمرة.
2. مستعينا بجوابك السابق ومعطيات الجدول (2) استخرج خصائص كل زمرة.

ب) مقارنة بين المستضدات الغشائية في نظام الزمر الدموية ABO:

تعتبر المستضدات الغشائية للزمر الدموية جزيئات غليكوبروتينية، متواجدة على غشاء الكريات الحمراء، تحتوي نهايتها على جزء سكري نهايته مسؤولة على خصوصية كل زمرة.

تبين الوثيقة (12) بنية السكر قليل التعدد لثلاث زمر مختلفة.



الوثيقة (12) بنية المستضدات الغشائية للزمر الدموية

1. قارن بين مختلف الجزيئات المحددة للزمر الدموية المعطاة في الوثيقة (12). ماذا تستنتج ؟
2. بالربط بين نتائج الجدول (1) من الوثيقة (11) ومعطيات الوثيقة (12)، مثل جزيئات السكر قليلة التعدد المتواجد على سطح غشاء الكريات الحمراء من الزمرة AB.
3. بالاعتماد على نتائج الوثيقة (11) وما توصلت إليه من دراسة الوثيقة (12)، مثل بمخطط مبسط حالات التوافق بين المعطي والمستقبل للدم ؟

معلومات مفيدة

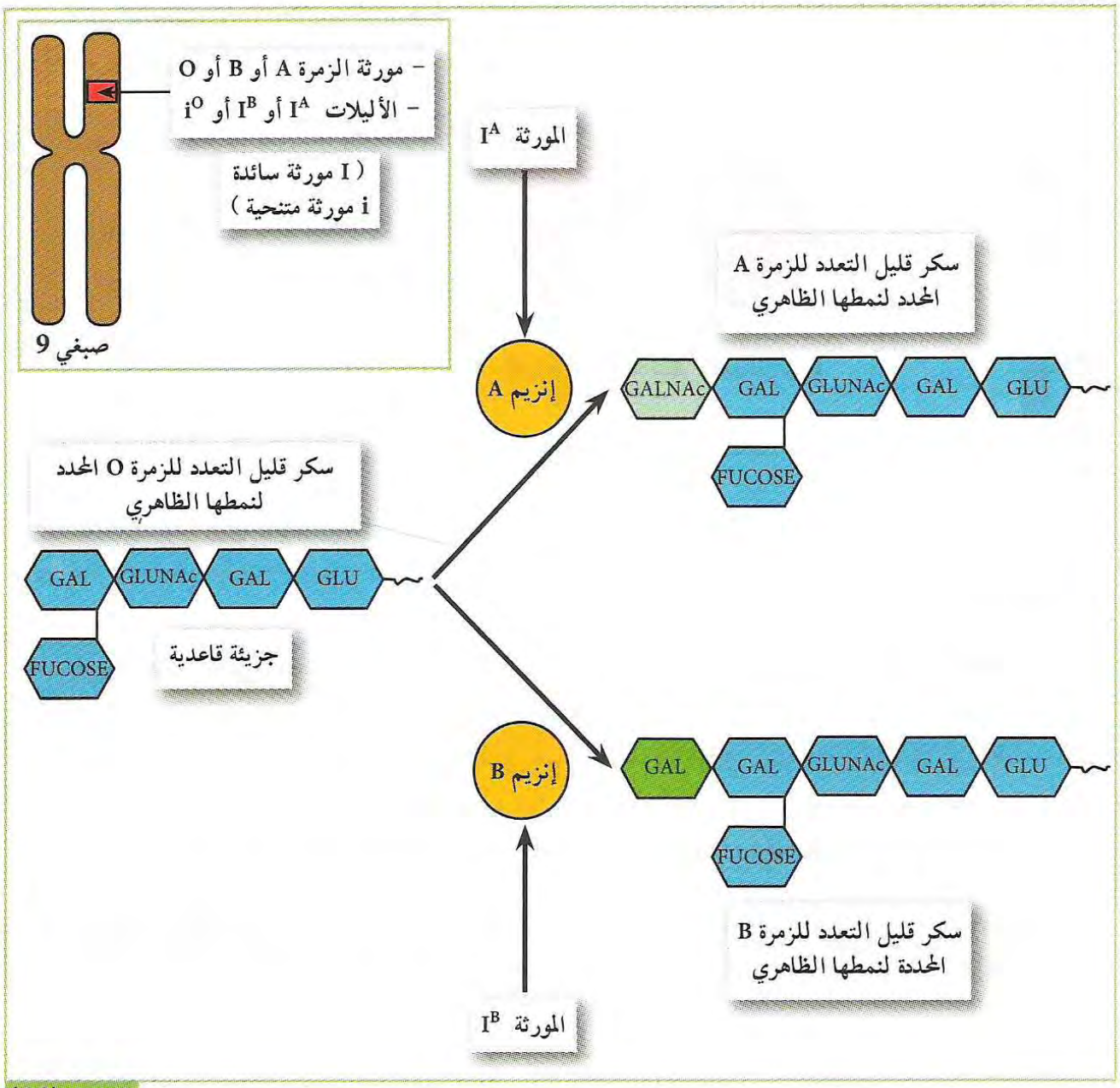
- الجسم المضاد المتواجد في البلازما يدعى بالراصة AGGLUTININE.

بينما المستضد أو مولد الضد المتواجد على غشاء الكريات الحمراء، فيدعى بمولد الراصة AGGLUTINOGENE.

- عند نقل الدم نراعي عدم تلاقي نفس المستضد الغشائي للمعطي مع الجسم المضاد الموافق له والمتواجد في بلازما المستقبل، علما أن الأجسام المضادة المتواجدة في دم المعطي ذات تأثير مهمل.

ج) التحديد الوراثي للزمر الدموية في النظام ABO:

يمثل مخطط الوثيقة (13) المصدر الوراثي لمحددات الزمر الدموية في النظام ABO.



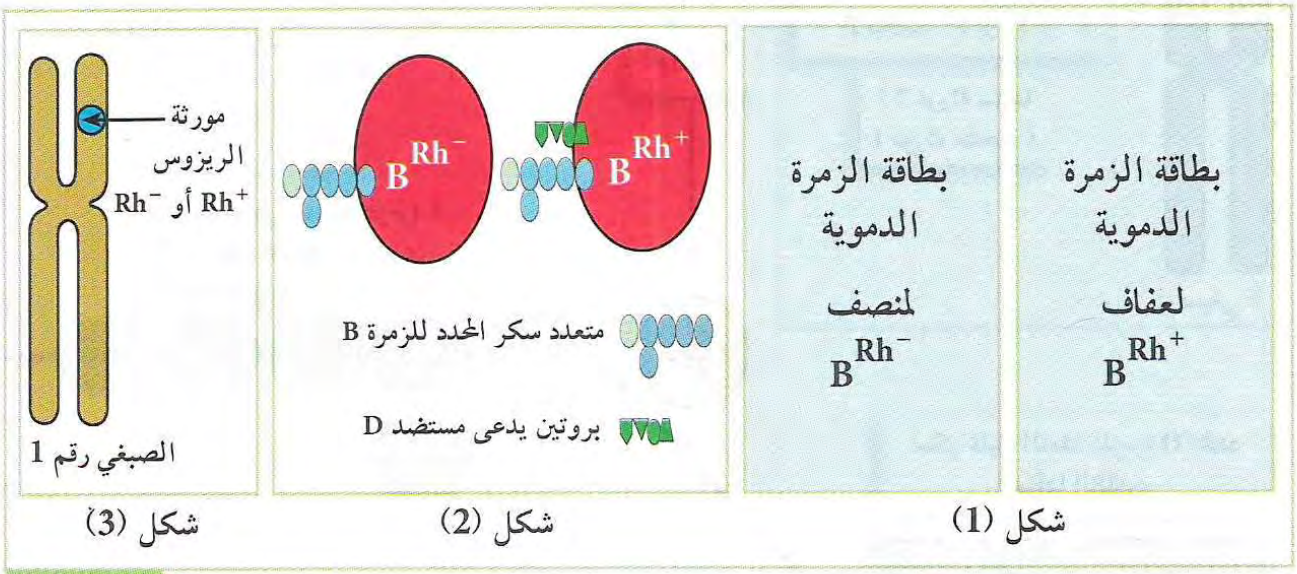
الوثيقة (13)

بالاعتماد على معطيات الوثيقة (13):

1. حدد المصدر الوراثي للزمر الدموية المختلفة.
2. إذا علمت أن لكل فرد مورثتان (واحدة متواجدة في الصبغي رقم 9 الآتي من الأم والثانية متواجدة في الصبغي رقم 9 الآتي من الأب)، وأن علاقة السيادة بين مورثات الـ ABO هي A وB سائدتان على O ولا توجد سيادة بين A وB، استخرج العلاقة بين المورثة والنمط الظاهري لمختلف الزمر الدموية المدروسة.

ب) عامل الريزوس Rhesus للزمرة الدموية:

تمثل الوثيقة (14) الشكل (1) بطاقة الزمرة الدموية لكل من عفاف ومنصف، بينما الشكل (2) يمثل رسم تخطيطي للمحددات الغشائية المتواجدة في كرياتيهما الحمراء، أما الشكل (3) فهو يمثل مقر مورثة الريزوس.



الوثيقة (14)

1. بالاعتماد على معطيات الشكل (2) من الوثيقة (14)، قارن بين الزمرة الدموية لكل من عفاف ومنصف الموضحة في الشكل (1)، ما ذا تستنتج ؟
2. لتحديد عامل الريزوس Rh نتبع نفس مبدأ تحديد الزمر في النظام ABO، إلا في الجسم المضاد المستعمل، اقترح إذن الإختبار الذي مكن من معرفة ريزوس كل من عفاف ومنصف.
3. ما هي المعلومات الإضافية التي يمكن استخراجها باستغلال معطيات الشكل (3) ؟

* اعتمادا على النتائج المتوصل إليها في النشاط السابق (حول الذات)، قدم إذا تعريفا للاذات.

معلومات مفيدة

نتائج تاريخية: في حدود 1940 قام العالم Landsteiner مكتشف الزمر الدموية (ABO) بحقن كريات حمراء مأخوذة من قرد يدعى Maccacus Rhésus لأرنب، فلاحظ تشكل أجسام مضادة Anti Rhesus جديدة في دم الأرنب تهاجم الكريات الحمراء للقرد ريزوس. منذ ذلك الوقت استعملت Rh^+ لتعيين الأشخاص الذين كرياتهم الحمراء تحتوي على المستضد D وRh^- بالنسبة للأفراد ذوو كريات حمراء عديمة المستضد D.

طرق التعرف على محددات المستضد

تستجيب العضوية غالبا بإنتاج عناصر دفاعية مكثفة عند دخول جزيئات غريبة للعضوية، تعمل على إقصائها.

➢ فما هي بنية وطبيعة هذه العناصر التي تساهم في الدفاع عن الذات ؟ وكيف تتعرف على العناصر الغريبة التي أدت إلى إنتاجها ؟

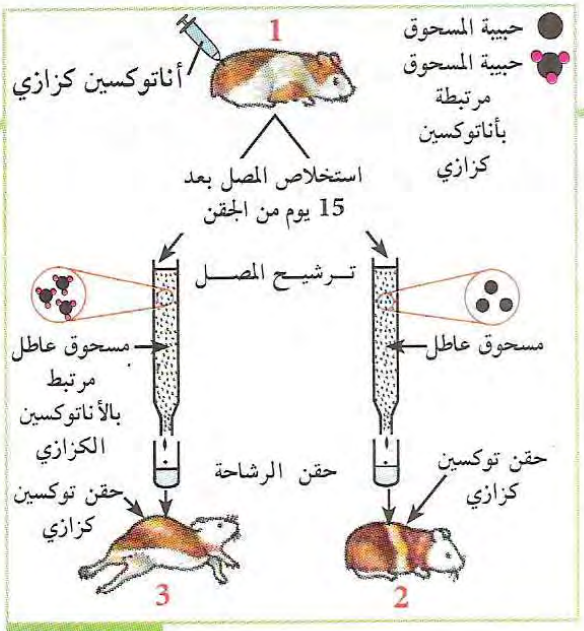
النشاط 3 I- الحالة الأولى للدفاع عن العضوية

الجزيئات الدفاعية في الحالة الأولى

❶ إنتاج الجزيئات الدفاعية

تمثل الوثيقة (1) نتائج تجريبية أجريت على حيوانات مخبرية (همستر)، بينما الوثيقة (2) تبين نتائج تطبيق لاختبار Ouchterlony (تقنية الإنتشار المناعي) ورسم تخطيطي تفسيري لها.

حيث تُحدث حفر في مادة الهلام (الجيلوز) وتوضع أجسام مضادة في حفرة مركزية ومستضدات مختلفة في 6 حفر محيطية، تنتشر هذه الجزيئات في الهلام، فيظهر راسب على شكل قوس يدل على ارتباط الأجسام المضادة مع المستضدات التي أدت إلى إنتاجها.



الوثيقة (1)

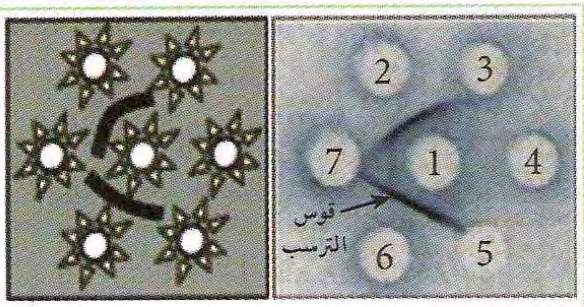
1. تسمح النتائج التجريبية الموضحة في الوثيقة (1) باستخراج المعلومات التالية:
- دخول جزيئات غريبة داخل العضوية يؤدي إلى إنتاج جزيئات دفاعية تنتقل في مصل الدم.
- ترتبط هذه الجزيئات مع المستضدات التي حرضت إنتاجها.

– علل هذه المعلومات من نتائج الوثيقة (1).

2. باستغلال نتائج الوثيقة (2)، علل ظهور الأقواس بين الحفرة 1 و2 وبين 1 و6 وعدم ظهورها بين الحفرة 1 وبقية الحفر الأخرى.

3. ما ذا تستنتج فيما يخص مميزات هذه الجزيئات ؟

4. اقترح رسما تخطيطيا تفسر به ما حدث في مستوى الراسب ؟

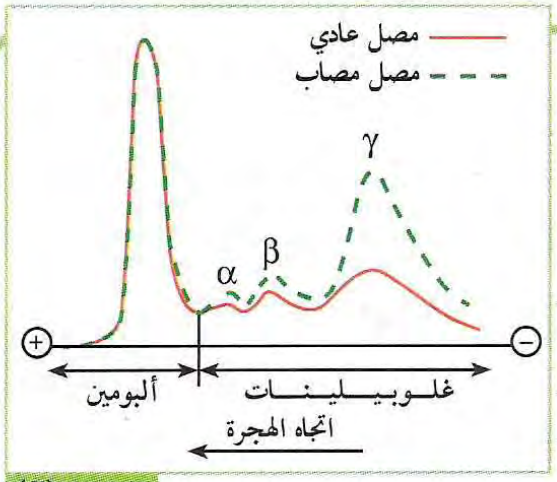


1. حفرة من الجيلوز بها مصل أرنب ضد SAB
2. SAB نقي
3. مصل حصان
4. مصل الأرنب
5. مصل الخنزير
6. مصل الثور
7. مصل المعزة

تقنية الإنتشار المناعي ورسمها التفسيري الوثيقة (2)

* إذا علمت أن هذه الجزيئات الدفاعية تدعى بالأجسام المضادة، لخص في بضعة أسطر ما يحدث داخل العضوية عند دخول جزيئات غريبة انطلاقا من النتائج المتوصل إليها من الوثيقتين (1 و2) ؟

❷ طبيعة الأجسام المضادة

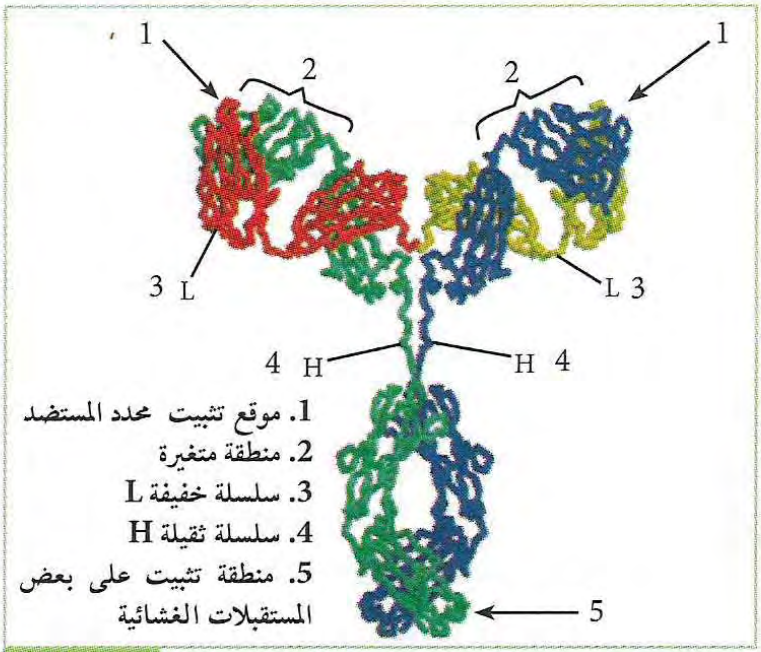


الوثيقة (5)

الوثيقة (5) تبين نتائج الهجرة الكهربائية لمصل شخصين أحدهما سليم والآخر مريض.

1. قارن بين نتائج الهجرة الكهربائية للجزيئات المصلية للشخصين، ماذا تستخلص ؟
2. تعطي الجزيئات المفصولة في الوثيقة (5) تفاعلا موجبا مع الكواشف اللونية للبروتينات.
أ) اعتمادا على معلوماتك صف تجربة تسمح بتحديد الطبيعة الكيميائية للجزيئات المفصولة المميزة لمصل الشخص المريض.
ب) بالاعتماد على ما توصلت إليه سابقا، حدد بدقة الطبيعة الكيميائية للأجسام المضادة.

❸ بنية الجسم المضاد



1. موقع تثبيت محدد المستضد
2. منطقة متغيرة
3. سلسلة خفيفة L
4. سلسلة ثقيلة H
5. منطقة تثبيت على بعض المستقبلات الغشائية

الوثيقة (6)

تبين الوثيقة (6) النموذج الجزيئي ثلاثي الأبعاد للجسم المضاد.

بالاعتماد على المعطيات السابقة وما تقدمه لك الوثيقة (6) من معلومات:
- صف في نص علمي بنية الجسم المضاد، ثم مثله برسم تخطيطي مرفوقا بكل البينات.

معلومات مفيدة

- **المستضد:** كل جسم غريب يدخل العضوية يختلف عنها وراثيا فيحرضها على استجابة مناعية.
- **الأناتوكسين:** هو عبارة عن سموم فقدت فعالياتها الممرضة، وتحتفظ بقدرتها على توليد استجابة مناعية في العضوية.
- **SAB:** (Bovine Serum Albumin) ألبومين مصل الدم البقري.
- يمكن رؤية البنية الفراغية للجسم المضاد باستعمال برنامج راستوب على الموقع www.ens-kouba.dz/arabic/rastop.htm

النشاط 4

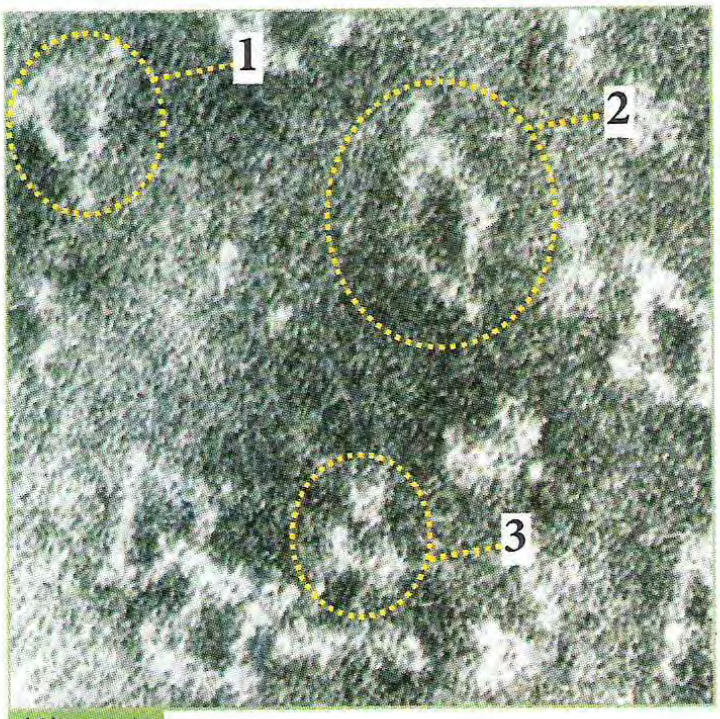
المعقد المناعي

الأجسام المضادة بروتينات دفاعية تمتاز بخصوصية وظيفية عالية تجاه المستضدات التي تغزو الوسط الداخلي.

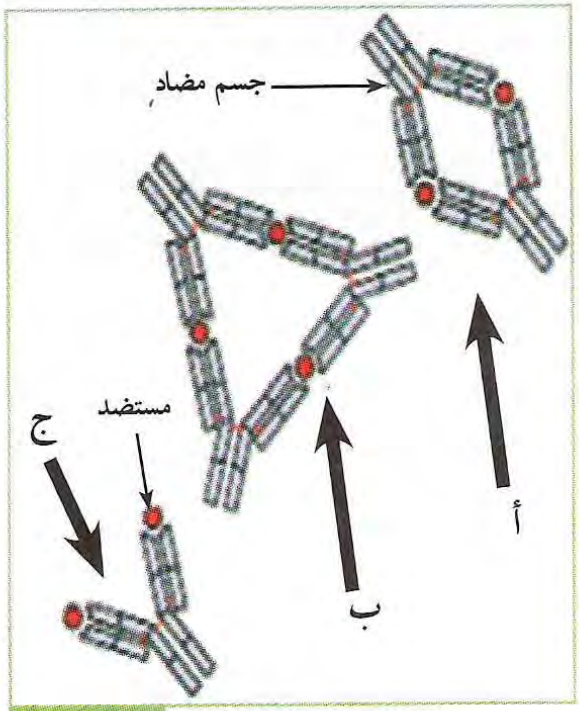
➢ فكيف تعمل هذه الجزيئات عالية التخصص ؟ وما هي مميزاتها ؟

❶ إظهار تشكل المعقد المناعي

تمثل الوثيقة (1) صورة بالمجهر الإلكتروني لأشكال ناتجة عن تواجد أجسام مضادة نوعية مع مستضداتها بينما الوثيقة (2) فتمثل رسم تخطيطي تفسيري لها.



الوثيقة (1)



الوثيقة (2)

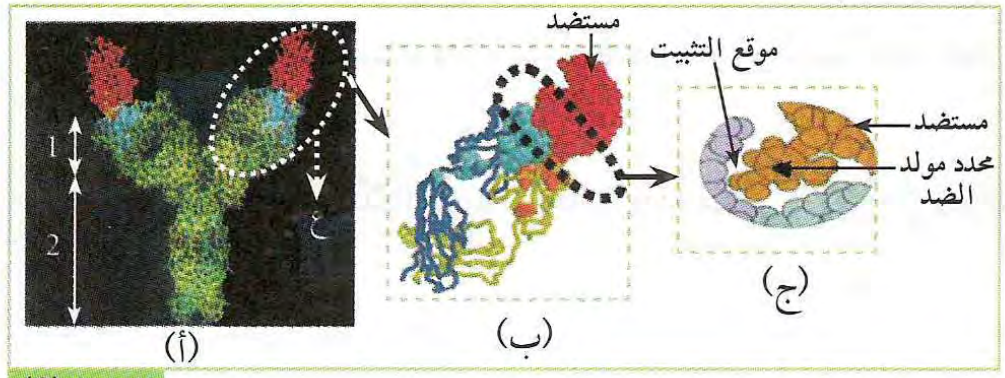
1. اربط بين الأشكال أ، ب، ج من الوثيقة (2) مع ما يقابلها من الأشكال المرقمة من الوثيقة (1)، ثم قدم وصفا مختصرا لها معتمدا على الوثيقة (2) فقط ؟
2. إذا علمت أن هذه الأشكال تمثل معقدات مناعية قدم إذا تعريفا لها.

❷ كيفية تشكل المعقد المناعي

لتوضيح كيفية تشكل المعقد المناعي الملاحظ في الوثيقة (1) نقدم لك أشكال الوثيقة (3) حيث تمثل هذه الأشكال ما يلي:

الشكل (أ) نموذج ثلاثي الأبعاد لمعقد جسم مضاد مستضد.

الشكلين (ب وج) تفاصيل للجزء ع.



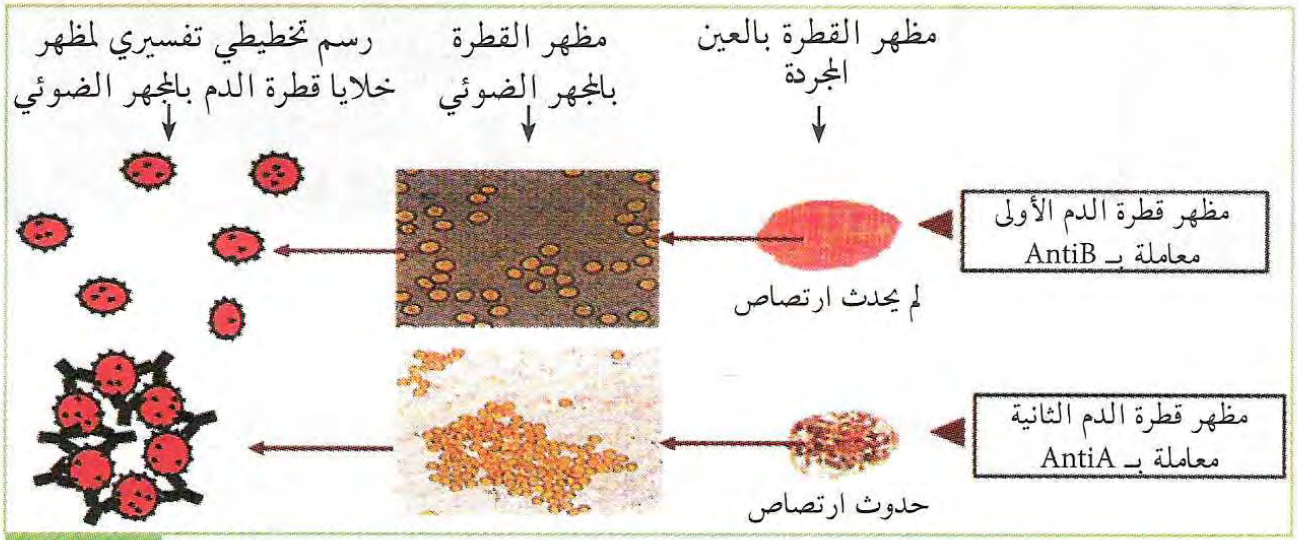
الوثيقة (3)

1. أكتب البيانات المرقمة 1 و2 من الوثيقة (3).
2. بالاعتماد على الشكلين (أ وب)، سمّ الجزء من الجسم المضاد المتدخل في تثبيت المستضد.
3. ما هي المعلومة الإضافية التي يقدمها لك الشكل (ج) فيما يخص تثبيت الجسم المضاد على المستضد ؟

* باستغلال معطيات الوثيقتين (1 و3)، لخص في نص علمي العلاقة بين الجسم المضاد والمستضد.

❸ مفعول الأجسام المضادة على مختلف المستضدات

أ) الارتصاص: تمثل الوثيقة (4) نتائج تجريبية أنجزت على قطرتي دم من الزمرة A مأخوذة من نفس الشخص معاملة بجسمين مضادين مختلفين.


مظهر القطرة بالعين المجردة
مظهر القطرة بالمجهر الضوئي
رسم تخطيطي تفسيري لمظهر خلايا قطرة الدم بالمجهر الضوئي
مظهر قطرة الدم الأولى معاملة بـ AntiB
لم يحدث ارتصاص
مظهر قطرة الدم الثانية معاملة بـ AntiA
حدوث ارتصاص

الوثيقة (4)

1. قارن بين المظهر العام لقطرتي الدم الملاحظة بالعين المجردة وبالمجهر الضوئي.

2. بالاعتماد على الرسومات التفسيرية علل عدم حدوث ارتصاص عند معاملة قطرة الدم بأجسام مضادة AntiB.

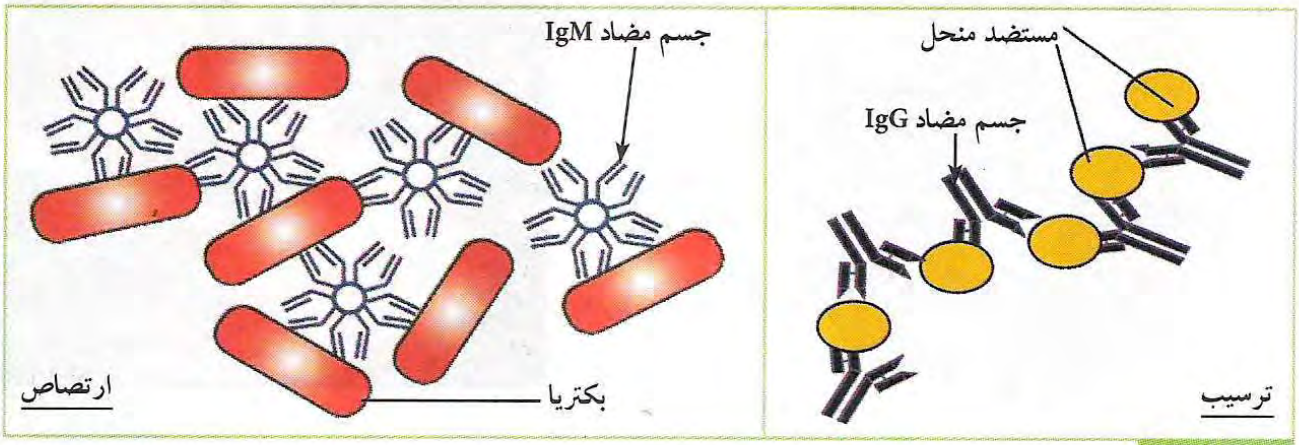
3. صف إذا الارتصاص معتمدا على الرسم التفسيري.

ب) تأثيرات أخرى للأجسام المضادة:

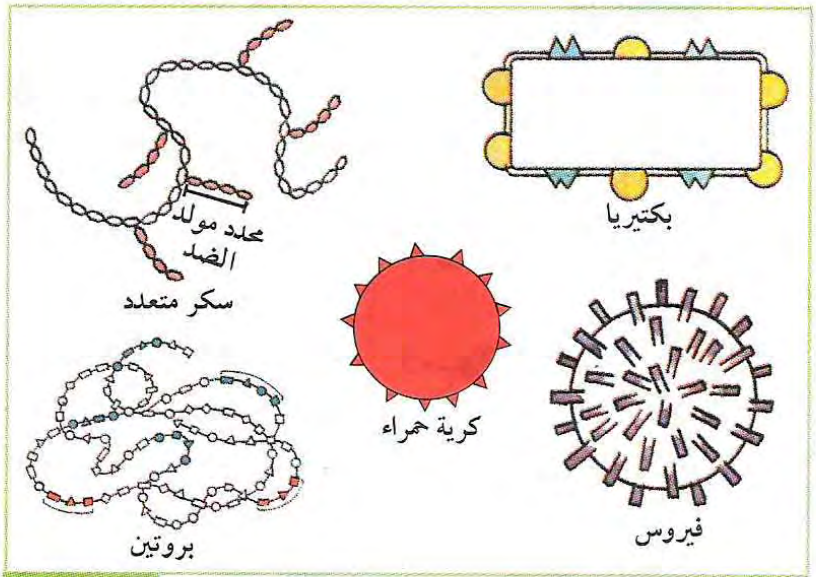
يلخص جدول الوثيقة (5) تأثير الأجسام المضادة على بعض المستضدات، أما الوثيقة (6) فتمثل تفسيرا لنتائج الجدول، بينما الوثيقة (7) تمثل أنواع مختلفة من المستضدات.

المستضدات	تأثير الجسم المضاد	التأثير البيولوجي
جزيئات منحلة	ترسب	إبطال مفعول الجزيئات ومنع انتشارها
بكتريا كريات حمراء غريبة	ارتصاص	ابطال مفعول المستضد بالارتباط بمحدداته الغشائية ومنع تكاثره وانتشاره

الوثيقة (5)



الوثيقة (6)



الوثيقة (7)

1. باستغلال معطيات جدول الوثيقة (5) والوثيقة (6)، قارن بين الترسب والإرتصاص.

2. حدد من الوثيقة (7) المستضدات التي تحدث ارتصاصا أو ترسبا مع الأجسام المضادة الموافقة لها. علل.

3. انطلاقا من نتائج جدول الوثيقة (5) هل يمكن أن نعتبر أن التأثيرات المختلفة للأجسام المضادة تؤدي إلى الإختفاء الكلي للمستضد ؟ علل.

معلومات مفيدة

- IgG وIgM: عبارة عن أجسام مضادة من نوع الغلوبيلينات المناعية.

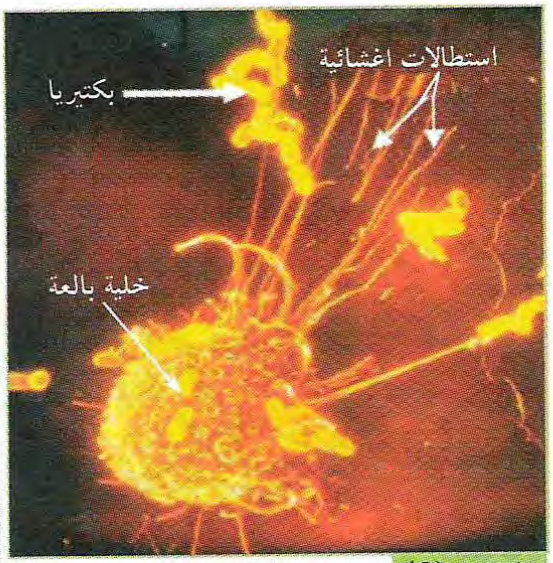
ج) التخلص من المعقدات المناعية:

رغم تشكل المعقد المناعي الذي يثبط المستضد إلا أن القضاء الكلي عليه يتطلب تدخل خلايا وجزيئات أخرى مسؤولة عن ذلك. لإظهار هذا التدخل نجري الدراسة التالية:

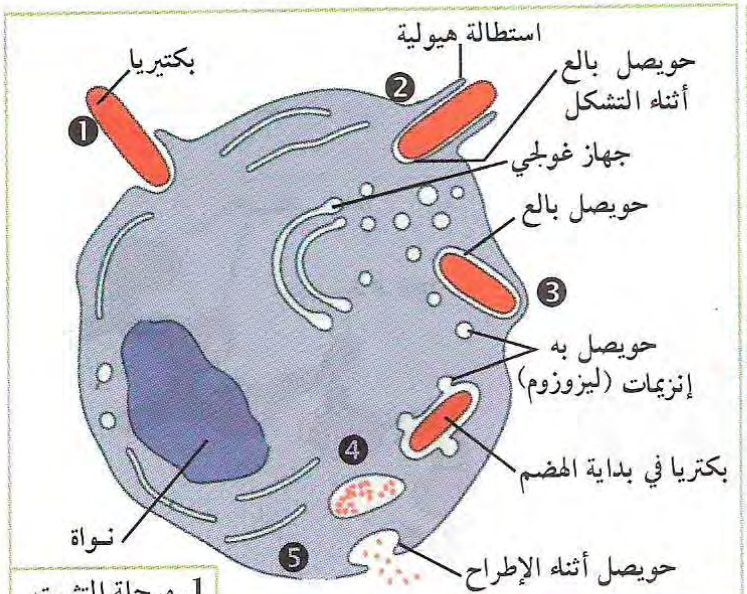
1) بلعمة المعقد المناعي:

تمتاز البالعات بالقدرة على إدخال المستضدات داخل الهيولى لتفكيكها وهضمها، وتزداد سرعة إدخال المستضدات كلما تشكلت معقدات مناعية مع الأجسام المضادة.

تمثل الوثيقة (8) بالعة أثناء نشاطها، بينما تلخص الوثيقة (9) مراحل البلعمة.



الوثيقة (8) صورة بالمجهر الإلكتروني لبالعة أثناء النشاط



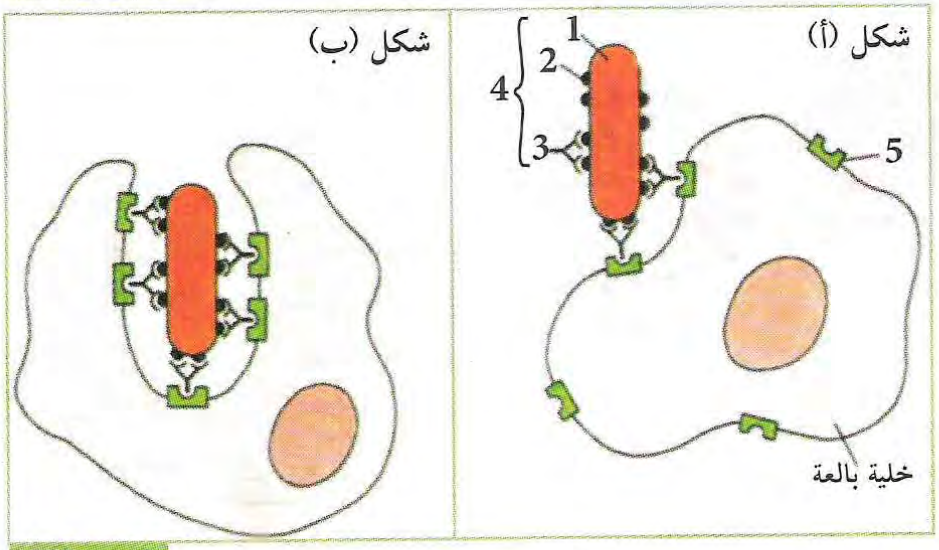
الوثيقة (9) رسم تخطيطي يبين مراحل البلعمة

1. مرحلة التثبيت
2. مرحلة الإحاطة
3. تشكل حويصل الإقتناص (الادخال)
4. مرحلة الهضم.
5. مرحلة الإطراح.

استغلال الوثائق:

- صف مراحل البلعمة المرقمة من الوثيقة (9)؟

يحتوي الغشاء الهيولي للبالعات على مستقبلات نوعية للأجسام المضادة التي تسهل تثبيت المعقد المناعي، ولتوضيح ذلك نقدم الوثيقة (10) التي تبين بعض مراحل بلعمة المعقد المناعي.



الوثيقة (10)

1. أكتب البيانات المرقمة من الوثيقة (10) ؟
2. سم ثم صف المرحلتين الممثلتين بالشكل أو ب ؟
3. بالاعتماد على الوثيقة (9) مثل برسم تخطيطي عليه كافة البيانات باقي مراحل بلعمة المعقد المناعي الموضحة في الوثيقة (10).

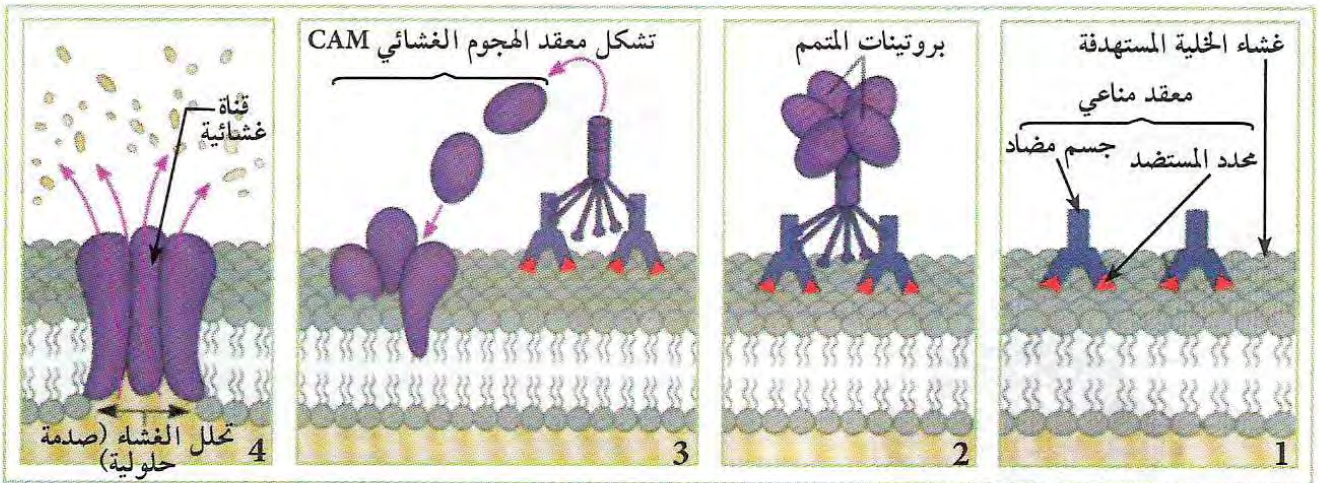
* يقول علماء المناعة أن "الارتصاص والترسب يسرعان عمل البالعات في اقتناص أكبر عدد من المستضدات"، بناءا على ما تقدم بين صحة هذه المقولة.

2) تخريب المستضد بتدخل عناصر المتمم:

- المتمم جزيئات بروتينية يبلغ عددها 20 جزيئة:

عند تشكل معقد مناعي تتنشط هذه الجزيئات تنشيطا تسلسليا يؤدي في النهاية إلى تشكل معقد الهجوم الغشائي CAM.

تبين أشكال الوثيقة (11) كيف يعمل المعقد المناعي على تنشيط المتمم وتشكل معقد الهجوم الغشائي، بينما الوثيقة (12) تبين صورة للقنوات الناتجة من معقد الهجوم الغشائي على غشاء كرية حمراء.



الوثيقة (11)

1. معتمدا على أشكال الوثيقة (11)، صف المراحل التي أدت إلى تشكل القنوات الغشائية المبينة في الوثيقة (12).
2. حدد دور هذه القنوات في تخريب الخلية المستهدفة

صورة بالمجهر الالكتروني **الوثيقة (12)** لقنات ناتجة من تدخل معقد الهجوم الغشائي CAM في غشاء كرية حمراء غريبة

* لخص معتمدا على ما سبق عمل الأجسام المضادة اتجاه مختلف المستضدات ثم بين تدخل البالعات وعناصر المتمم في اقصاء اللاذات.

معلومات مفيدة

- معقد الهجوم الغشائي CAM: C = Complexe A = Attaque M = Membranaire

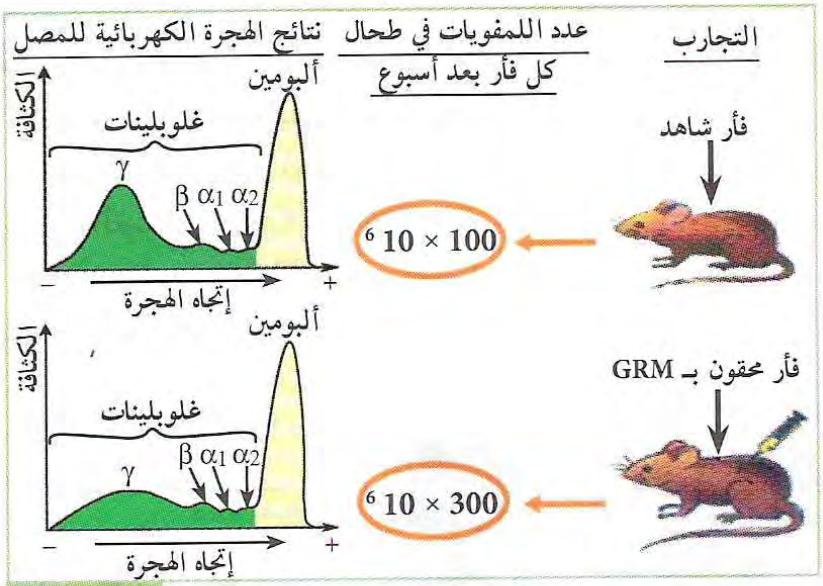
النشاط 5

مصدر الأجسام المضادة

يتطلب غزو العضوية من طرف المستضدات عدة خطوات لإنتاج الجزيئات الدفاعية، وهذا من لحظة انتقاء الخلايا اللمفاوية إلى تركيب وإفراز الأجسام المضادة.

➢ فما مصدر الأجسام المضادة ؟ وكيف يتم انتقاء الخلايا عند دخول مستضد إلى العضوية ؟

❶ مصدر الأجسام المضادة

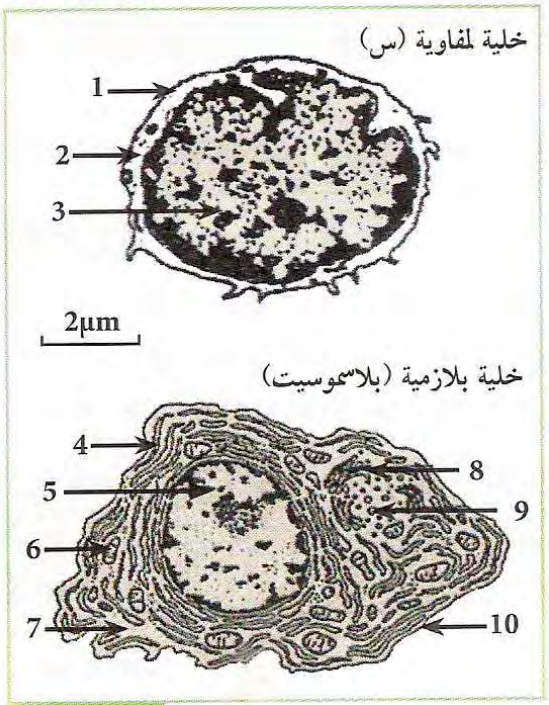


الوثيقة (1)

تمثل الوثيقة (1) نتائج تجريبية أنجزت على فأرين الأول شاهد والثاني حقن بكريات حمراء للخروف، وبعد أسبوع تم إنجاز التحاليل التالية:

- تقدير كمي لعدد اللمفاويات في طحال كل فأر.
- هجرة كهربائية لمصل كل فأر.

أما الوثيقة (2) توضح رسمين تخطيطيين لملاحظات مجهرية لخلايا أخذت من عينة لطحال الفأر المحقون.



الوثيقة (2)

1. اعتمادا على نتائج الوثيقة (1) استخرج التغيرات الملاحظة عند الفأر المحقون بالـ GRM مقارنة بالفأر الشاهد.
2. أوجد علاقة بين حقن GRM والتغيرات الملاحظة عند الفأر المحقون انطلاقا من معطيات الوثيقة (1).
3. ضع البيانات المرقمة للوثيقة (2).
4. باستغلال نتائج الوثيقة (1) وبالاعتماد على بنية الخليتين في الوثيقة (2)، اقترح فرضيتين تبين فيهما أيّ الخليتين مصدر الأجسام المضادة (الغلوبيلينات γ) الملاحظة في الوثيقة (1) ؟
5. قدم الاستدلال الذي اعتمدت عليه لاقتراح كل فرضية ؟

❷ منشأ الخلايا اللمفاوية المنتجة للأجسام المضادة

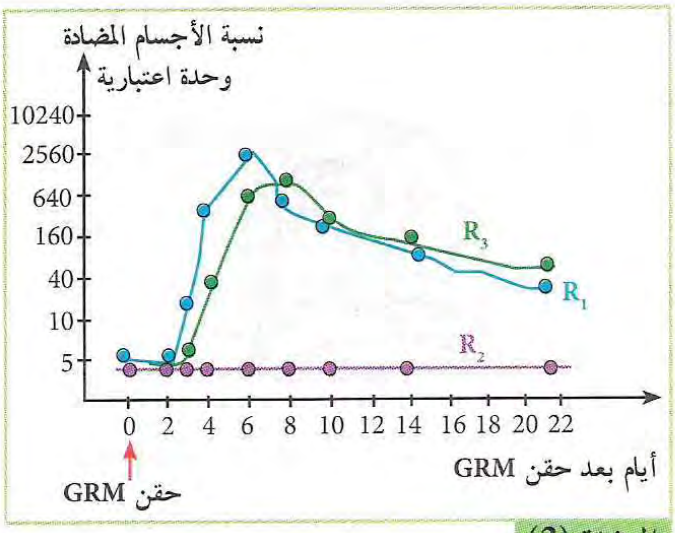
ملاحظة سريرية: لوحظ عند الثدييات أن أي خلل في نقي العظام يؤدي إلى تناقص كبير في الخلايا اللمفاوية وغالبا ما يكون متبوعا بعجز في تركيب الأجسام المضادة.

نتائج تجريبية:

المرحلة 1:

نحقن في وريد مجموعتين من الفئران 10^8 كريات حمراء أخذت من خروف GRM حيث:

- المجموعة الأولى R_1: فئران شاهدة.
- المجموعة الثانية R_2: فئران من نفس السلالة عرضت 24 ساعة من قبل للأشعة X بشدة 500rads، وهي شدة كافية لتخريب كل خلايا نقي العظام.



الوثيقة (3)

المرحلة 2:

نعرض مجموعة أخرى من الفئران R_3 من نفس السلالة للأشعة X بنفس الشدة السابقة وبعد ساعتين نحقن في أحد أوردتها الدموية $2,4.10^8$ خلايا لمفاوية حية مأخوذة من فأر من نفس السلالة لم يسبق حقنه بالكريات الحمراء للخروف.

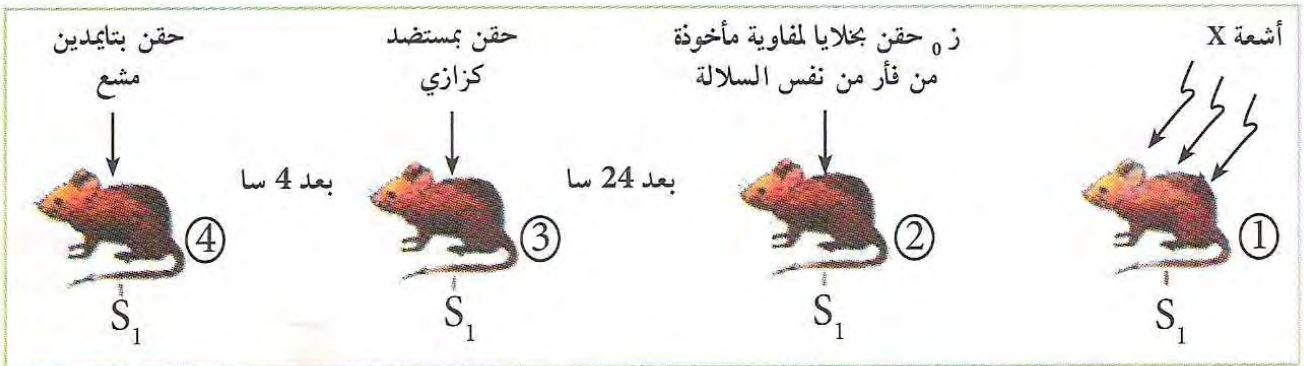
- بعد يومين تحقن الفئران R_3 بـ 10^8 كريات حمراء للخروف GRM.

الوثيقة (3) تبين نتائج قياس كمية الأجسام المضادة Anti-GRM في مصل المجموعات الثلاثة من الفئران $R_1 - R_2 - R_3$.

1. ما هي المعلومات المستخرجة من الملاحظة السريرية ؟
2. حلل نتائج المنحنى، وماهي المعلومات التي يمكن استخراجها فيما يخص منشأ الخلايا المنتجة للأجسام المضادة ؟

المرحلة 3:

أ) توضح الوثيقة (4) الخطوات التجريبية المنجزة على فأر S_1.



الوثيقة (4)

- علل كل خطوة من الخطوات التجريبية (1، 2، 3، 4) الموضحة في الوثيقة (4).

ب) دراسة عينات من طحال الفأر S_1 خلال الستة أيام بعد حقن التايمدين المشع مكنت من تتبع تطور الإشعاع في الخلايا اللمفاوية، والخلايا البلازمية (بلاسموسيت)، كما لوحظ تزايد في كمية الأجسام المضادة ابتداءا من اليوم السادس في المصل.
النتائج موضحة في الوثيقة (5).

الزمن / عدد الخلايا المشعة	اليوم الثالث		اليوم الرابع		اليوم الخامس		اليوم السادس	
	B	R	B	R	B	R	B	R
كمية T المشع المدمج في الخلايا (س) للفأر S_1	+ + + +	- -	+ + + +	- -	+ + +	- +	+ +	- +
عدد الخلايا المنتجة للأجسام المضادة ضد الكزاز عند الفأر S_1			+		+ +			+ + + +

B اللب الأبيض من الطحال
R اللب الأحمر من الطحال

+ إشعاع (عدد الخلايا المشعة)
- غياب الإشعاع

رسم تخطيطي يمثل بنية جزء من الطحال

الوثيقة (5)

- تسمح المعطيات والنتائج التجريبية الموضحة في الوثيقة (5) من إنجاز النص العلمي التالي:

"تنشأ الخلايا (س) الموضحة في الوثيقة (2) (الصفحة 92)، وتنضج في نقي العظام لذا نسميها لمفاويات LB، ثم تهجر إلى الأعضاء المحيطية للجهاز المناعي (طحال وعقد لمفاوية)، بوجود المستضد تتنشط LB فتنقسم عدة انقسامات خيطية ليزداد عددها وجزء منها يتمايز ليعطي الخلايا البلازمية (بلاسموسيت) المسؤولة عن تركيب وإفراز الأجسام المضادة".

1. بالاستعانة بالخطوات التجريبية الموضحة في الوثيقة (4) ونتائجها في الوثيقة (5) والنص العلمي، علل المعلومات الواردة في الجدول المقابل.
2. استخرج من جدول الوثيقة (5) معلومة إضافية فيما يخص مقر تكاثر (انقسام) LB وتمايزها.
3. حدد الفرضية الصحيحة من بين الفرضيتين المعطاة في الجزء (1-4) من الصفحة 92.

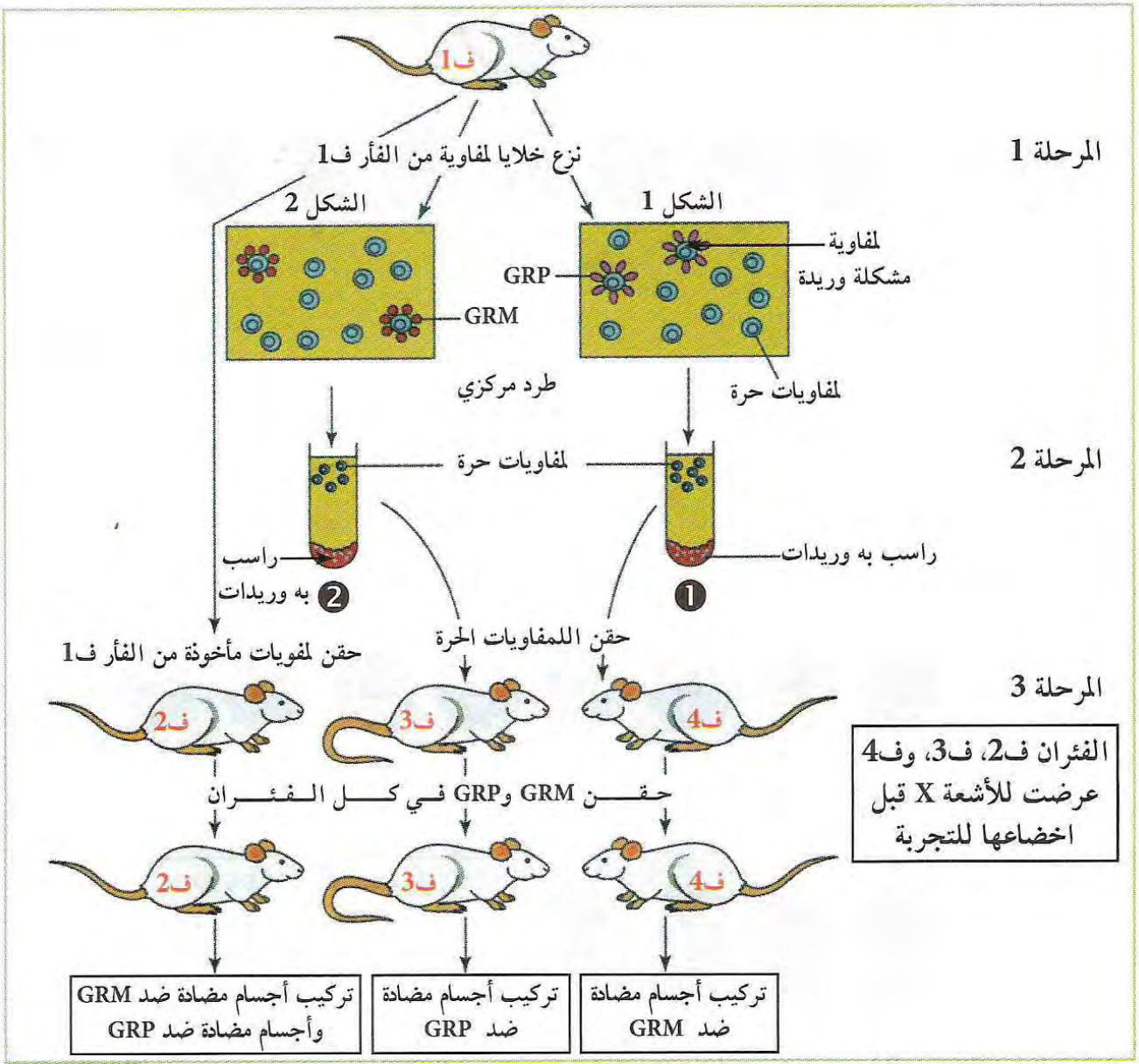
المعلومات المستخرجة	تعليلها من النتائج التجريبية
تنشأ وتنضج الخلايا LB في نقي العظام	.....
تهجر LB نحو الأعضاء المحيطية (طحال مثلا)	.....
تتنشط بوجود مستضد	.....
تنقسم عدة انقسامات	.....
تتمايز إلى خلايا (بلاسموسيت) المركبة والمفرز للأجسام المضادة.	.....

معلومات مفيدة

- الطحال والعقد اللمفاوية أعضاء لمفاوية محيطية غنية بالخلايا اللمفاوية التي تلعب دورا أساسيا في التفاعلات المناعية النوعية.
- التمايز: هو التخصص حيث تكتسب الخلية خصوصية بنيوية، مثلا عند تمايز LB تتطور عندها بنيات جديدة لتتحول إلى بلاسموسيت.

❸ آلية الانتقاء النسيلي للمفاويات LB

أ) لمعرفة آلية الانتقاء النسيلي للخلايا اللمفاوية LB، نقدم نتائج تجريبية لمراحل مختلفة أنجزت على فئران مثل ما هو موضح في الوثيقة (8).



الوثيقة (8)

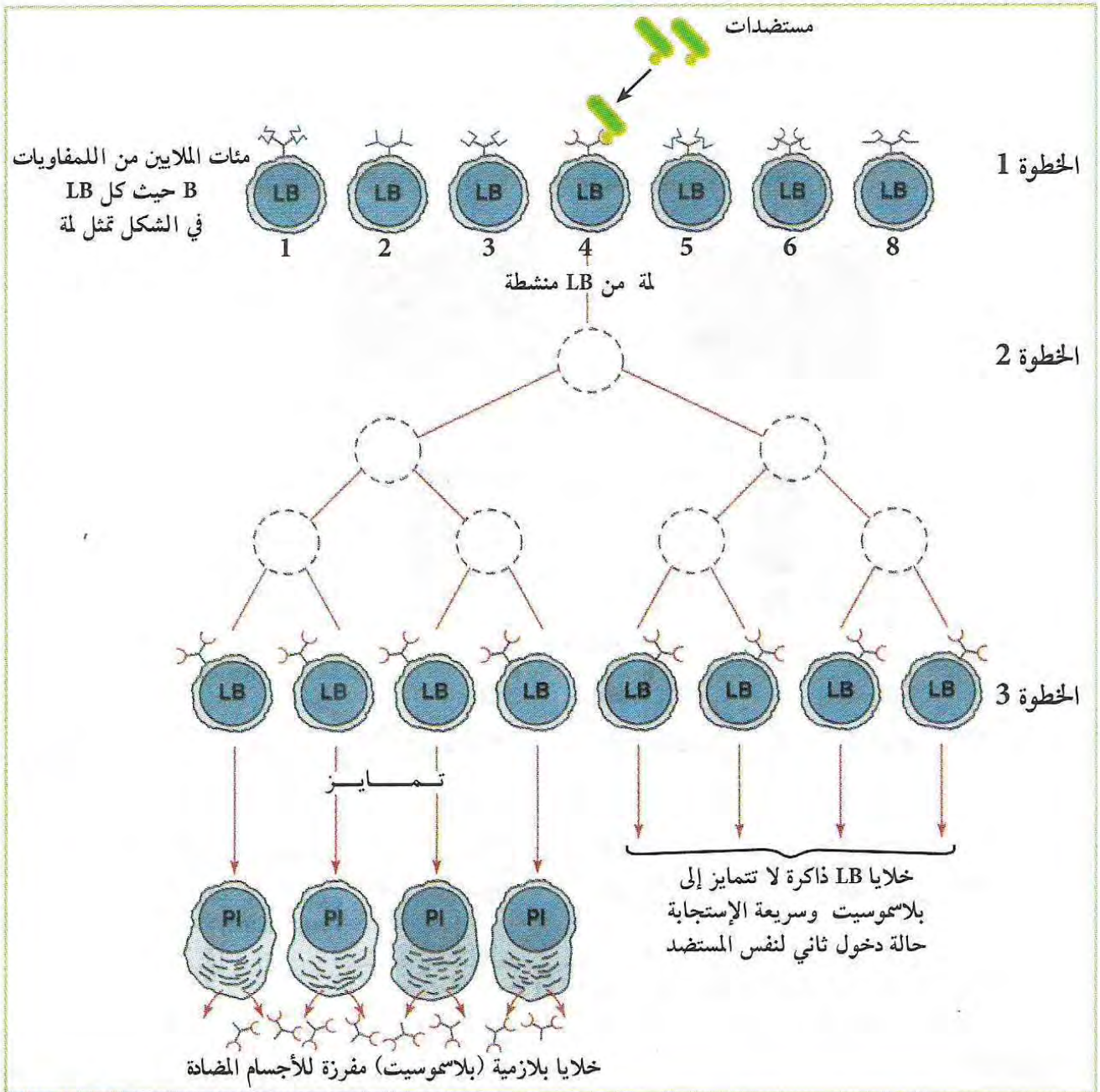
بالاعتماد على النتائج السابقة:

1. ماذا تمثل GRM وGRPبالنسبة للفئران ؟
2. قدم تحليلا مقارنا للنتائج التجريبية الممثلة بالشكلين (1 و2)، ماذا تستنتج ؟
3. اقترح فرضية تعلل تشكل الوريدات في كل حالة.
4. بالاعتماد على النتائج المبينة في المرحلة 3، حدد نوع الخلية اللمفاوية المشكلة للوريدات مع التعليل.
5. علل نتائج المرحلة 3، ماذا تستنتج ؟

معلومات مفيدة

GRM: كريات دموية حمراء للخروف.
GRP: كريات دموية حمراء للدجاج.
الوريدة: تتشكل نتيجة تثبيت عدة كريات حمراء على لمفاوية واحدة.

ب) تمثل الوثيقة (9) آلية الانتقاء النسيلي للمفاويات LB من لحظة دخول المستضد إلى العضوية حتى إنتاج الأجسام المضادة.



الوثيقة (9)

1. يؤدي التعرف على المستضد إلى إنتخاب لمة من الخلايا LB، وضح ذلك بالاعتماد على معطيات الوثيقة (9).
2. هل تسمح لك هذه النتائج من التحقق من الفرضية السابقة (السؤال 3 الصفحة 95) ؟ وضح.

* لخص في نص علمي الخطوات التي تمر بها الخلايا LB من لحظة التعرف على المستضد إلى إنتاج أجسام مضادة نوعية ؟

معلومات مفيدة

اللمة Clone: هي مجموعة من الخلايا الناتجة من نفس الخلية الأصلية ولها نفس الخصائص البنيوية والوظيفية.

II- الحالة الثانية للدفاع عن العضوية

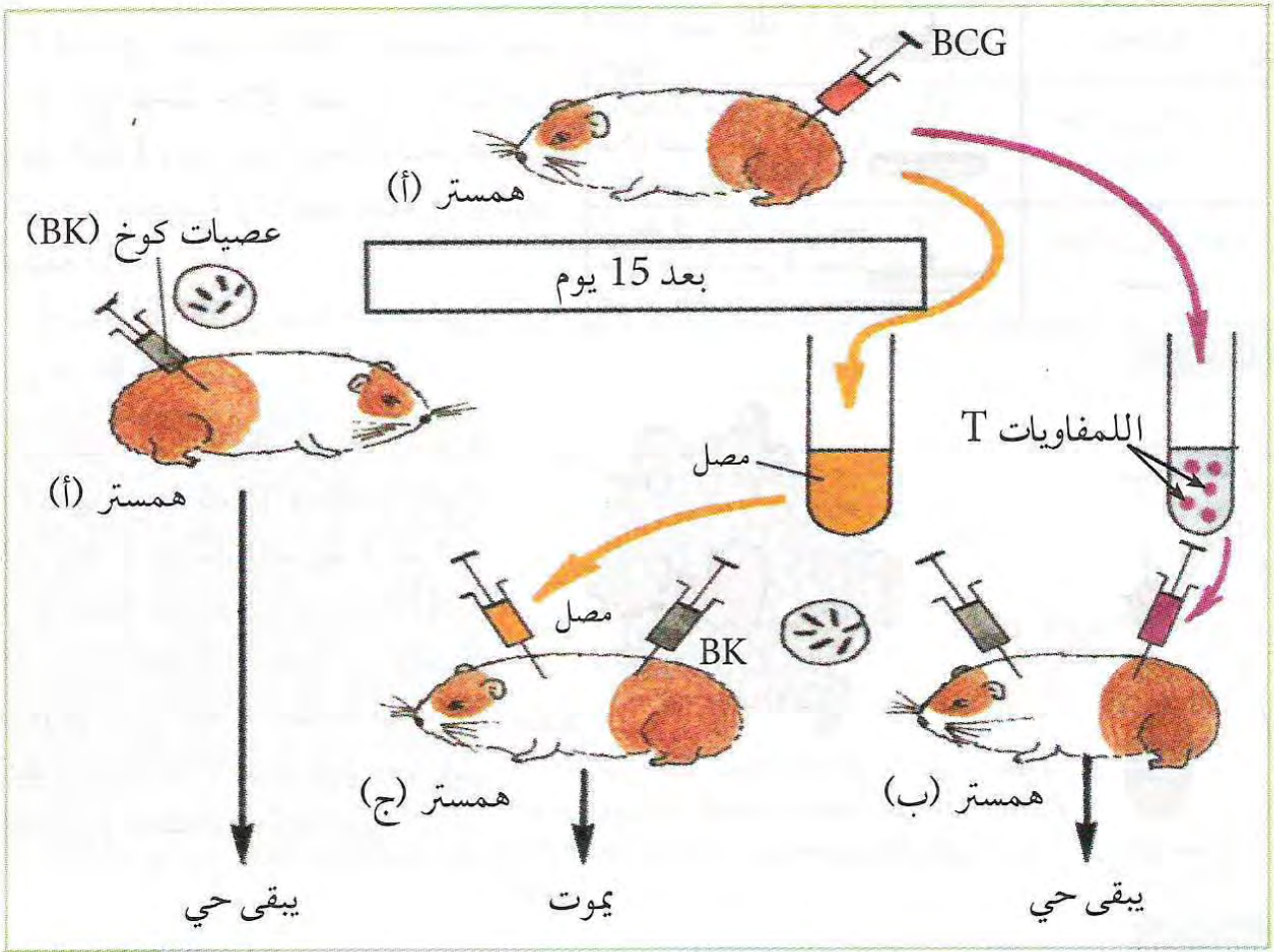
تدعى المناعة التي تتدخل فيها الأجسام المضادة بالمناعة الخلطية، وتمثل إحدى الحالتين للدفاع النوعي عن العضوية.

➢ فما هي العناصر المتدخلة في الحالة الثانية للدفاع عن العضوية وطريقة تأثيرها ومصدرها ؟

النشاط 6 العناصر الدفاعية في الحالة الثانية

التعرف على عناصر الحالة الثانية للدفاع عن العضوية

لمعرفة نمط آخر من الاستجابة المناعية النوعية، نحقق التجارب الموضحة في الوثيقة (10) على حيوانات الهمستر من نفس السلالة.



الوثيقة (10)

1. فسر عدم موت الحيوانين (أ وب) وموت الحيوان (ج).
2. استخرج نوع المناعة ضد السل انطلاقا من نتائج الوثيقة (10).

معلومات مفيدة

BCG: Bacille de Calmette Guérin
عصيات كوخ غير ممرضة.

النشاط 7

طرق تأثير اللمفويات LT

تبيّن في النشاط السابق وجود نوع آخر من الاستجابة تتدخل فيها خلايا لمفاوية LT وتمثل الحالة الثانية للدفاع النوعي عن العضوية.

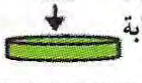
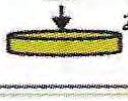
➢ كيف تتدخل الخلايا LT في القضاء على الخلايا المصابة ؟

❶ التعرف والقضاء على الخلايا المصابة

المرحلة 1: تجربة:

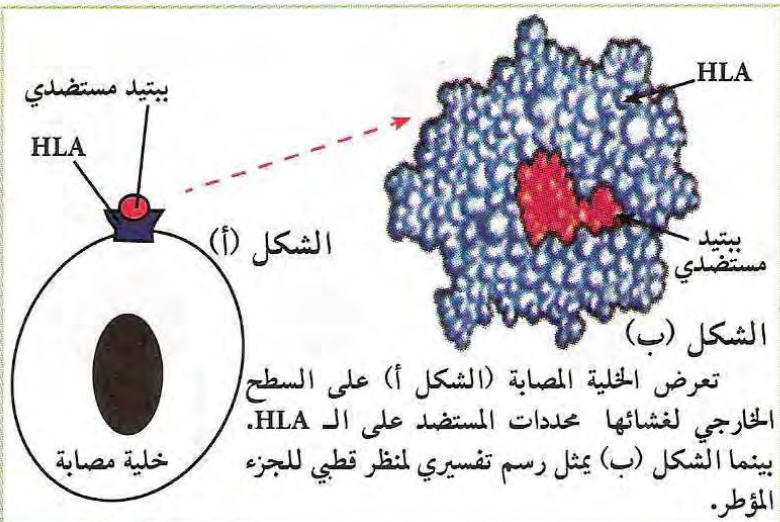
تؤخذ سلالتين من الفئران 1 و2 مختلفتي الـ CMH، تعامل السلالة 1 بفيروس LCM الذي يصيب الخلايا العصبية، بعد سبعة أيام تؤخذ خلايا لمفاوية (LT_C) من طحال الفأر1 وتنقل إلى أربعة أوساط مختلفة. الشروط التجريبية ونتائجها ممثلة في جدول الوثيقة (1).

الوثيقة (2): تظهر ببتيد مستضدي مثبت على جزيئة HLA.

الوسط 1: علبة بتري بها خلايا عصبية للفأر 1 مصابة بالفيروس LCM	90% من الخلايا العصبية المصابة خربت
الوسط 2: علبة بتري بها خلايا عصبية للفأر 1 غير مصابة	عدم تخريب الخلايا العصبية
الوسط 3: علبة بتري بها خلايا عصبية للفأر 2 مصابة بالفيروس LCM 	عدم تخريب أي خلية عصبية
الوسط 4: علبة بتري بها خلايا عصبية للفأر 1 مصابة بفيروس آخر 	عدم تخريب أي خلية عصبية

الوثيقة (1)

1. استخرج شروط تخريب الخلايا العصبية من طرف LT_C، بمقارنة نتائج: (الوسط 1 مع 2)، (الوسط 1 مع 3)، (الوسط 1 مع 4) من الوثيقة (1).
2. تتعرف الخلايا اللمفاوية LT_C تعرفا مزدوجا على الخلايا المصابة فتخربها، كيف تؤكد هذا اعتمادا على جوابك السابق ومعطيات الوثيقة (2) ؟



تعرض الخلية المصابة (الشكل أ) على السطح الخارجي لغشائها محددات المستضد على الـ HLA. بينما الشكل (ب) يمثل رسم تفسيري لمنظر قطبي للجزء المؤطر.

الوثيقة (2)

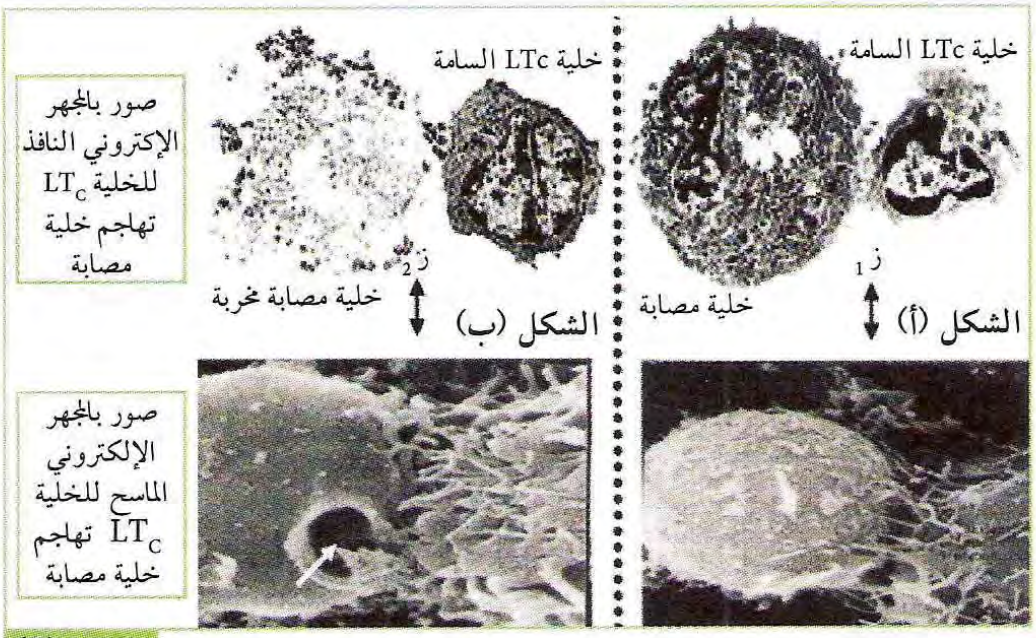
معلومات مفيدة

- **خلية عارضة:** هي كل خلية قادرة على عرض محدد الضد على سطح غشائها مع الـ HLA يرمز لها CPA.
- **LTc:** خلية لمفاوية سامة..
- **LCM (Leucémie Myéloide Chronique):** اللوكيميا النخاعية المزمنة.

المرحلة 2:

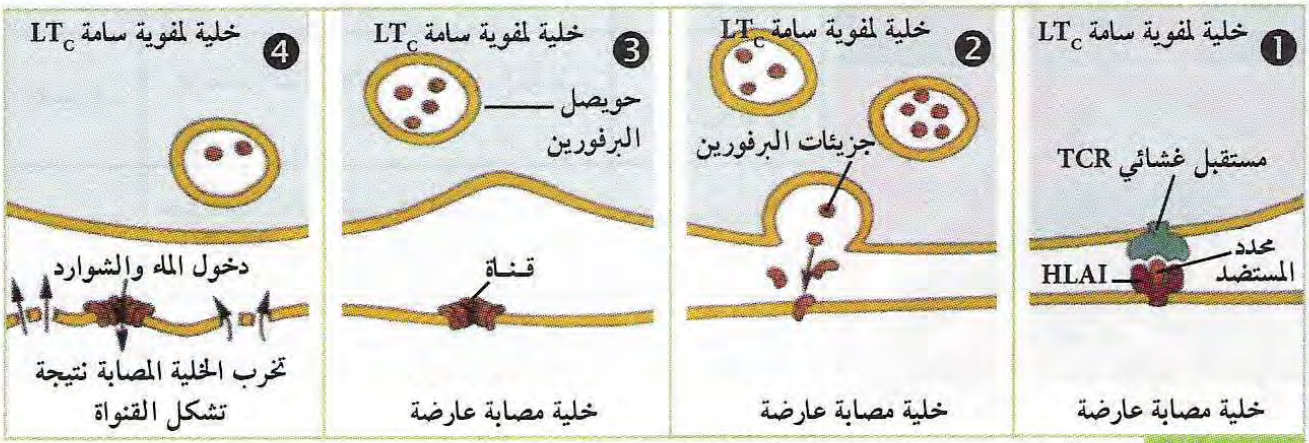
لمعرفة تأثير اللمفاويات T السامة (LT_C) على الخلايا المصابة، نقدم الوثائق التالية:

الوثيقة (3) الممثلة بالشكلين (أ وب) تمثل صور مأخوذة بالمجهر الالكتروني لخلية لمفاوية سامة تهاجم خلية مصابة في أزمنة مختلفة.



الوثيقة (3)

أما الوثيقة (4) فهي تمثل رسومات تخطيطية تفسيرية لمراحل إقصاء الخلية المصابة.



الوثيقة (4) رسم تخطيطي يوضح المراحل التي أدت إلى تخريب الخلية المصابة

1. بالاعتماد على الشكلين (أ وب) من الوثيقة (3) في $ز_2$ استخرج تأثير LTc على الخلية المصابة.
2. بالاعتماد على معطيات الوثيقة (4)، فسر آلية عمل LTc المؤدية إلى تخريب الخلية المصابة.

* تدعى المناعة التي تتدخل فيها الأجسام المضادة بالمناعة ذات الوساطة الخلطية بينما المناعة التي تتدخل فيها الخلايا السامة LTc فتدعى بالمناعة ذات الوساطة الخلوية، قارن بين هذين النوعين من المناعة من حيث اقصاء اللاذات.

النشاط 8

مصدر اللمفاويات LT

تلعب الخلايا اللمفاوية السامة LTc كما رأينا سابقا دورا أساسيا في المناعة ذات الوساطة الخلوية للقضاء على الخلايا المصابة، بينما الخلايا اللمفاوية LB تلعب دورا أساسيا في المناعة ذات الوساطة الخلطية.

➢ فما مصدر الخلايا اللمفوية السامة LTc ؟ وكيف يتم تحديد نوع الاستجابة المناعية ؟

❶ منشأ الخلايا اللمفاوية T واكتساب كفاءتها

يمثل جدول الوثيقة (1) نتائج تجريبية أنجزت على مجموعة من الفئران، بينما الوثيقة (2) فتمثل نتائج زرع جلد حرذ لفأر عديم الغدة التيموسية طبيعيا الصورتين (أ وب).

الفئران	المعالجة المنجزة على الفئران	النتائج
المجموعة 1	عرضت الفئران للأشعة X ثم زرع لها نقي العظام	إنتاج للخلايا اللمفاوية B و T
المجموعة 2	استؤصلت الغدة التيموسية لفئران ثم عرضت للأشعة X وبعد ذلك زرع لها نقي العظام	إنتاج للخلايا اللمفاوية B فقط
المجموعة 3	استؤصلت الغدة التيموسية لفئران ثم عرضت للأشعة X وبعد ذلك زرع لها الغدة التيموسية	عدم إنتاج خلايا لمفاوية B و T

الوثيقة (1)

الوثيقة (2)

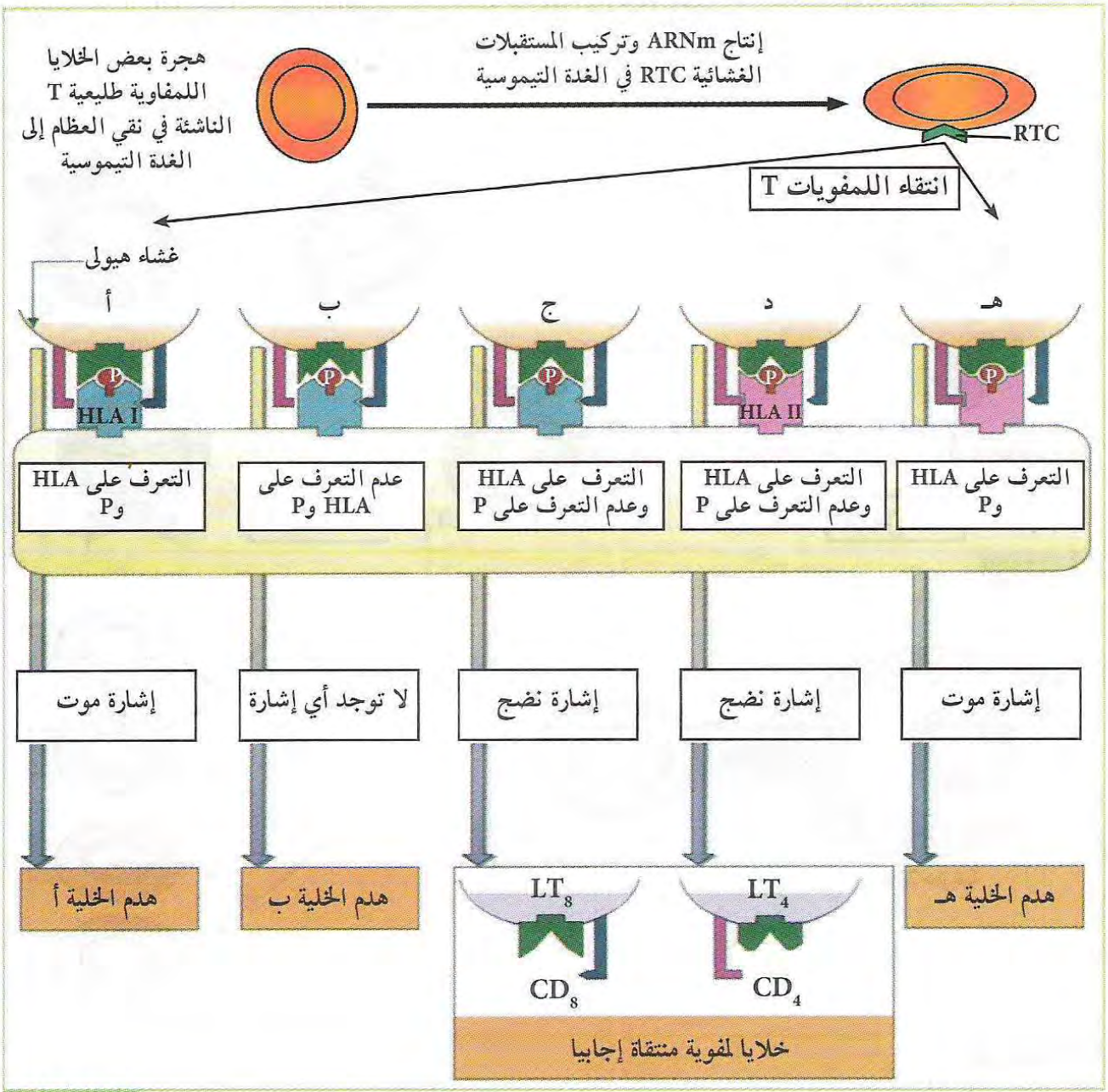
1. ما هي المعلومات المستخرجة من مقارنة النتائج التجريبية (1 مع 2) و(2 مع 3) من الوثيقة (1) ؟
2. إذا علمت أن رفض الطعوم تتدخل فيه خلايا لمفاوية T، فسر إذا نتيجة الوثيقة (2).

معلومات مفيدة

- **الغدة التيموسية (السعترية)**: تقع فوق القلب وهي عضو مركزي لمفاوي، يتم فيها نضج بعض الخلايا اللمفاوية.
- **الفئران عديمة الغدة التيموسية**: تمتاز كذلك بغياب الشعر، الذي تتحكم فيه مورثة موجودة في الصبغي رقم 11، غير أن العلماء لم يعرفو إلى حد الآن إذا كانت صفة عديمة الشعر وغياب الغدة تعود لنفس المورثة السابقة.

❷ دور الغدة التيموسية في انتقاء النسائل اللمفاوية المؤهلة مناعيا

للغدة التيموسية دورا فعالا في انتقاء نسائل الخلايا T التي نشأت في نقي العظام، فكيف يتم ذلك ؟ تبرز الخلايا التيموسية ببتيدات ذاتية P على سطح غشائها رفقة الـ HLA، ومصير اللمفويات يتوقف على نتيجة تعرفها على المعقد المعروض. الوثيقة (3) تبين نتيجة هذا التعرف.



الوثيقة (3)

بالاعتماد على نتائج الوثيقة (3):

1. حدد كيف تكتسب الخلايا اللمفاوية الانشائية لطليعية T كفاءتها المناعية داخل الغدة التيموسية.
2. الخلايا اللمفاوية لا تهاجم خلايا الذات، علل ذلك.

معلومات مفيدة

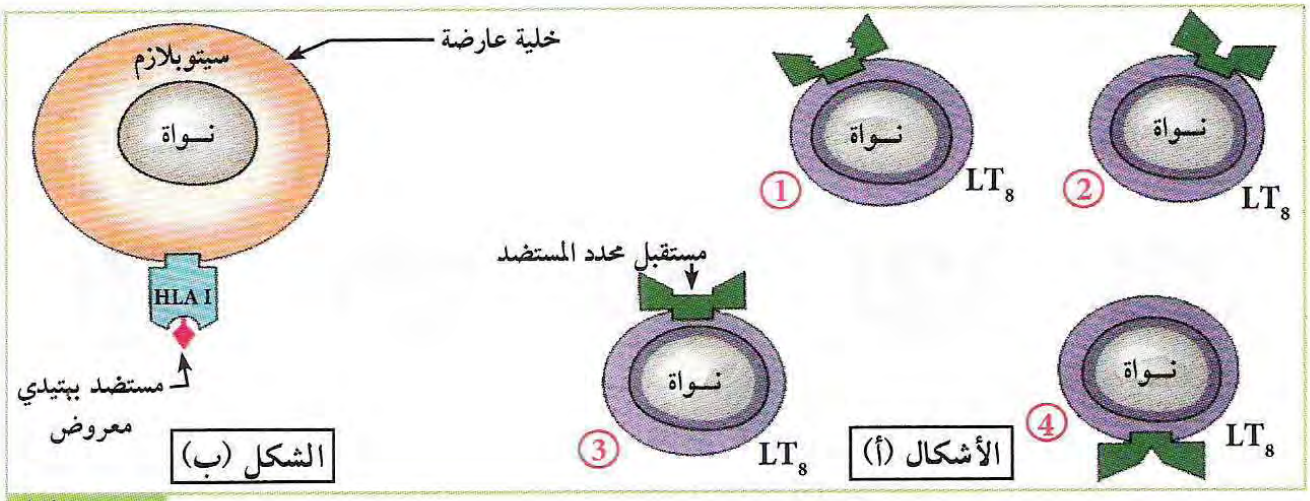
- CD_4: جزيئات غليكوبروتينية وهي مؤشرات للخلايا اللمفاوية LT_4.
- CD_8: جزيئات غليكوبروتينية وهي مؤشرات للخلايا اللمفاوية LT_8.

❸ علاقة الببتيد المستضدي بانتخاب الخلايا اللمفاوية T

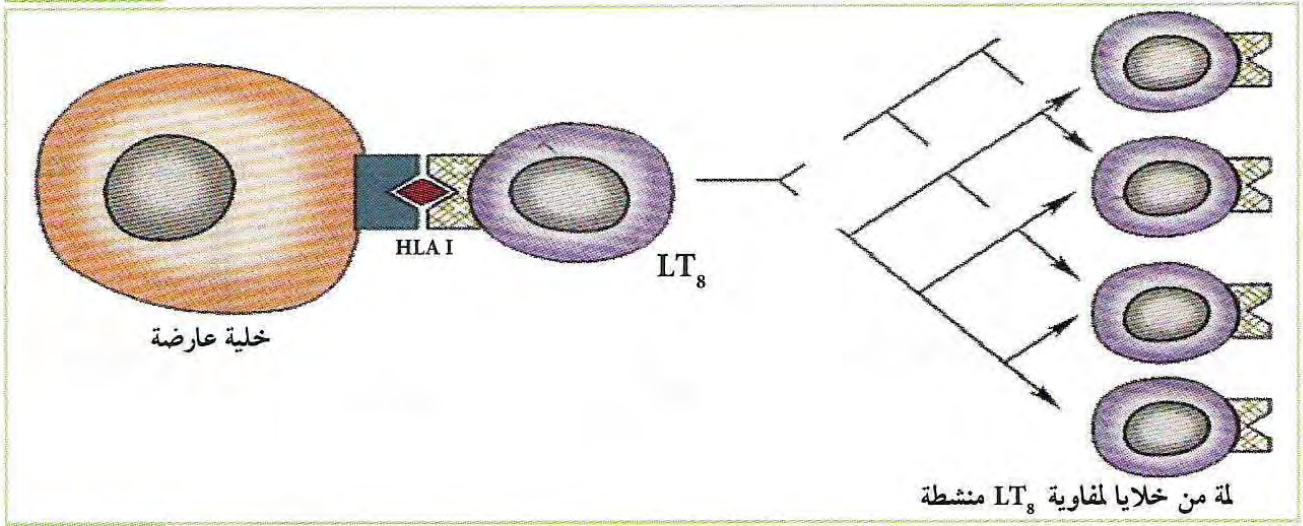
تكتسب الخلايا اللمفاوية T كفاءتها المناعية داخل الغدة التيموسية، وتصبح قادرة على التعرف على المستضدات الببتيدية الغريبة التي تعرضها خلايا الجسم المصابة أو الماكروفاج.

تمثل الوثيقة (4) الأشكال (أ) أربعة خلايا لمفاوية LT_8 لنفس الحيوان، بينما يمثل الشكل (ب) خلية مصابة عارضة للمستضد الببتيدي من نفس الحيوان السابق.

أما الوثيقة (5) فتمثل خلية لمفاوية LT_8 أثناء تعرفها على المستضد الببتيدي المقدم من طرف خلية عارضة (CPA).



الوثيقة (4)



الوثيقة (5)

➲ بالاعتماد على معطيات الوثيقتين (4 و5):

1. حدد الخلية اللمفاوية من الأشكال (أ) (1، 2، 3، 4) التي يمكنها التعرف على المستضد الببتيدي المعروض من طرف خلية الشكل (ب) من الوثيقة (4)، علل.
2. حدد مصدر الخلايا اللمفاوية السامة، ثم بين مميزاتها.
3. انطلاقا من معطيات الوثيقتين (4 و5) بين كيف يتم انتقاء وتشكل لمة من الخلايا LT_8.

معلومات مفيدة

- LT_8 المنشطة: بعضها يتمايز إلى خلايا LTc سامة والبعض الآخر يبقى ذاكرة LT_8 m.

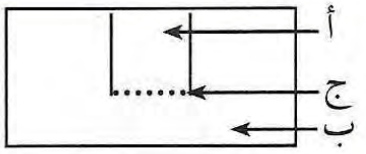
❹ آلية تحفيز الخلايا B وT

يسمح التعرف على محدد مولد الضد من طرف الخلايا اللمفاوية بانتقاء لمة (نسيلة) من LB وLT، إلا أن تضاعف هذه الخلايا وتمايزها يحتاج إلى تحفيز.

• ماهي العوامل التي تساهم في تحفيز هذه الخلايا ؟

أ) العلاقة بين الخلايا اللمفاوية:

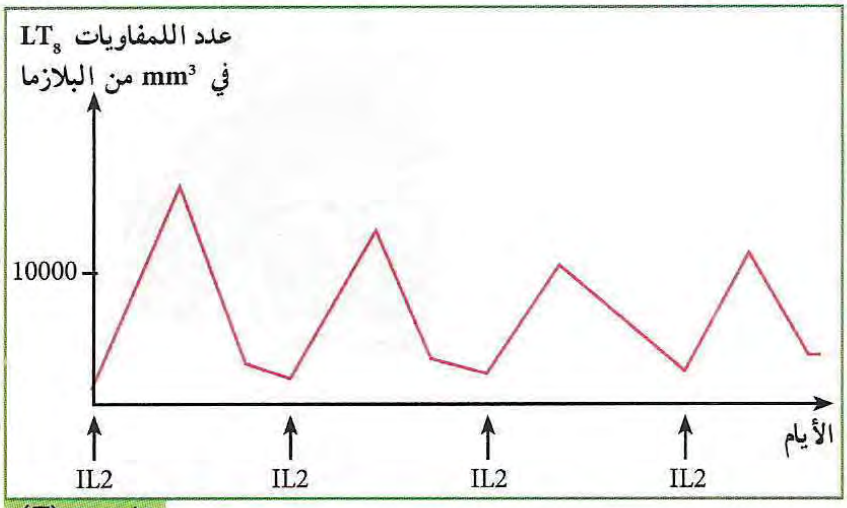
لمعرفة نوع العلاقة الموجودة بين الخلايا اللمفاوية LT_4 وLB المتحسستين (أيّ تم تعرفهما من قبل على محدد مولد الضد من نوع Z المنحل). وضعت هذه الخلايا في حجرة زراعة ماربروك Marbrook. الشروط التجريبية والنتائج مبينة بالوثيقة (6):



أ) غرفة علوية
ب) غرفة سفلية
ج) غشاء نفوذ للجزيئات وغير نفوذ للخلايا.
يحتوي وسط الغرفتين (أ-ب) مولد ضد Z.

	طبيعة الخلايا اللمفاوية الموضوعة في		الخلايا المنتجة للأجسام المضادة ضد z من 10^6 من خلايا الطحال
	غرفة علوية	غرفة سفلية	
1		T+B	960
2		B	72
3	T	B	1011

الوثيقة (6)



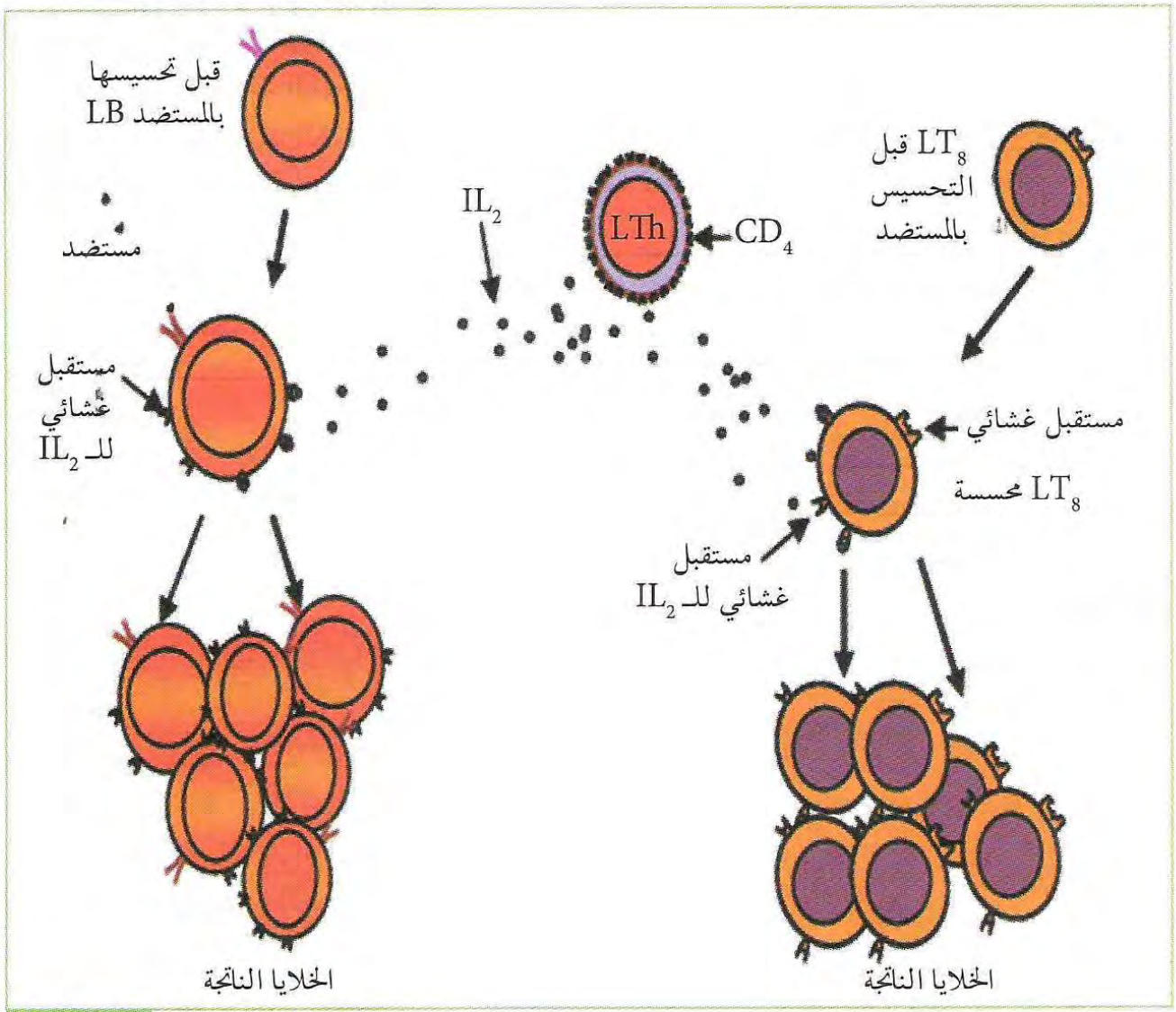
الوثيقة (7)

1. حلل نتائج الجدول. ماذا تستنتج ؟
2. هل تسمح لك نتائج التجربة 3 من جدول الوثيقة (6) باستخراج نمط تأثير اللمفاويات T على B علل إجابتك.
3. من جهة أخرى أعطت نتائج تأثير حقن مادة كميائية IL_2 مستخلصة من خلايا لمفاوية LT_4 عند شخص مصاب بورم جلدي النتائج الممثلة في منحنى الوثيقة (7). ما هي المعلومة الإضافية التي تقدمها نتائج المنحنى السابق فيما يخص تأثير الـ IL_2.
4. من خلال ما توصلت إليه في جوابك السابق علل:

- تسمية نمط الخلية LT_4 الممثلة في التجربة بـ L T المساعدة (LT_h) الناتجة من تمايز LT_4.
- تسمية الأنترلوكين IL_2 بمادة محفزة (مبلغ كميائي)

ب) آلية تحفيز الخلايا اللمفاوية:

يلخص الرسم التخطيطي الموضح في الوثيقة (8) آلية تحفيز (تنشيط) الخلايا اللمفوية LT وLB.



الوثيقة (8)

1. ما الفرق بين الخلايا LB و LT_8 قبل وبعد التحسس ؟
2. سم الخلايا الناتجة من تحفيز كل من LB و LT_8.

* بالاعتماد على أجوبتك السابقة وما تقدمه لك الوثيقة (8) لخص في نص علمي آلية تحفيز الخلايا اللمفاوية LB وLT من طرف LTh.

معلومات مفيدة

- LT_4: تتعرف LT_4 على محدد مولد الضد المثبت على HLAII والمعروض على أغشية الخلايا العارضة، لاحتوائها على مستقبلات نوعية لها، وبعد ذلك تتكاثر بعضها يعطي LT_4 m ذاكرة والآخر تتمايز إلى LTh

❺ إختيار نمط الإستجابة المناعية المناسبة

رأينا سابقا أن المناعة النوعية المسؤولة عن إقصاء الجسم الغريب (المستضد)، تكون إما خلطية (عن طريق الأجسام المضادة) أو خلوية (عن طريق الخلايا اللمفاوية LTc). كما لاحظنا الدور المحوري للمفاويات LTh في تحفيز الخلايا (LB و LT_8) لكن:

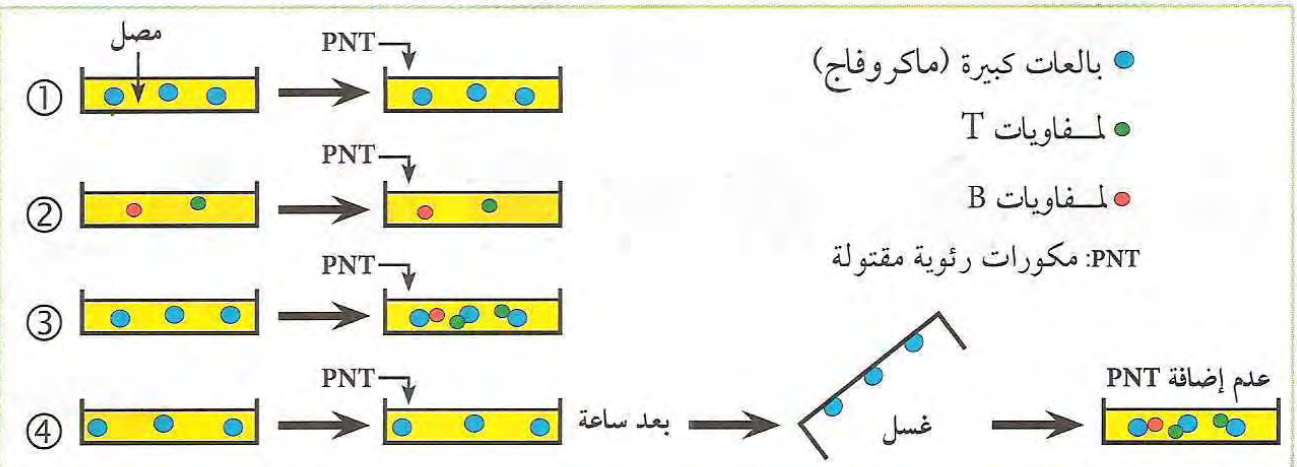
- كيف تتحسس الخلايا اللمفاوية LT وLB نتيجة دخول مستضد ؟
- كيف يتم انتقاء وتنشيط LT_4 التي تنشط الخلايا السابقة ؟

أ) تحسيس الخلايا اللمفاوية LT وLB:

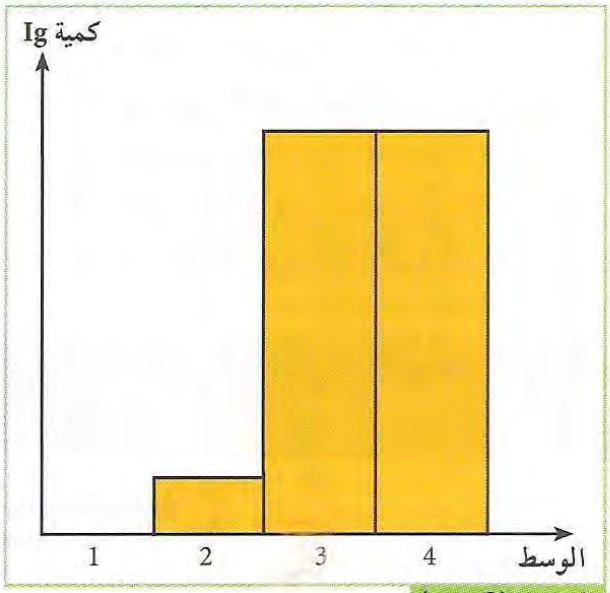
تجربة:

تمثل الوثيقتين (9 أ وب) الشروط التجريبية ونتائجها الممثلة في كمية الغلوبيلينات المناعية (Ig) في كل حوض بعد مدة من التجربة.

الخلايا اللمفاوية LB وLT المستعملة في التجربة أخذت من فأر سبق حقنه بالمكورات الرئوية المقتولة PNT.



الوثيقة (9-أ)



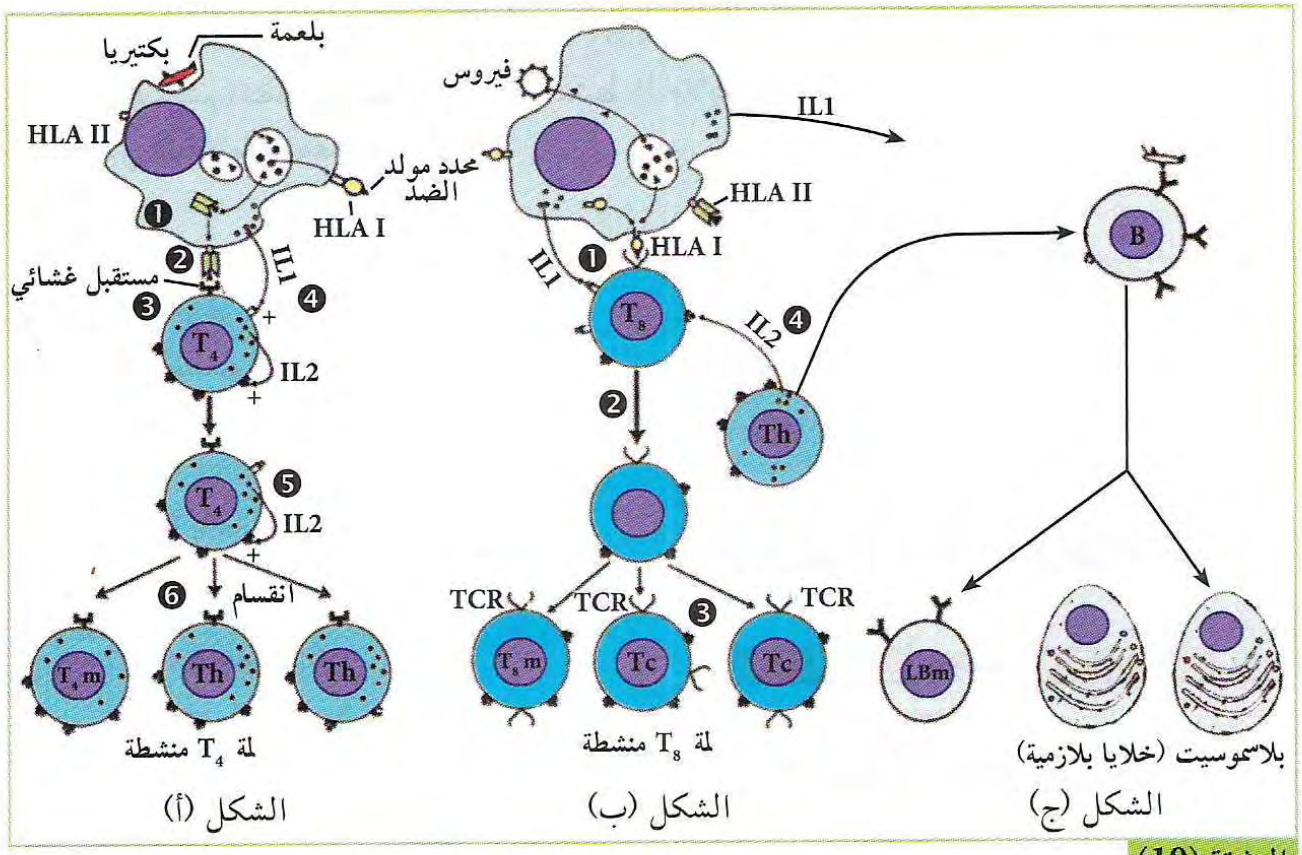
الوثيقة (9-ب)

1. حلل النتائج التجريبية الممثلة في الوثيقة 9 (أ وب) ؟
2. تسمح مقارنة نتائج التجارب 2 مع 3 في الوثيقة 9 (أ وب) بتأكيد النتائج المتحصل عليها في تجربة ماربروك. علل.
3. أ) ما هو الاختلاف بين التجربة 3 و4 الموضحتان في الوثيقة (9-أ).

ب) استنتج إذا دور الماكروفاج من نتائج التجربة 4.

ب) العلاقة بين اللمفاويات والبلعميات الكبيرة:

يمثل الرسم التخطيطي الموضح في الوثيقة (10) العلاقة التي تربط بين الخلايا اللمفوية والبلعميات الكبيرة -الماكروفاج- والتي تفسرجزءا من التجربة 4 من الوثيقة (9).



الوثيقة (10)

بالاعتماد على أشكال الوثيقة (10) (أ، ب، وج):

1. حدد دور الماكروفاج في كل حالة.
2. بين دور مختلف الجزيئات التي ساهمت في التعرف على اللاذات وتشكل لمة من: LTh، LTc والبلاسموسيت.
3. تلعب LTh دور محوري في الاستجابتين الممثلتين في الشكلين (ب وج)، اشرح ذلك.
4. إن نمط الاستجابة المناعية (خلطي أو خلوي) مرتبط بمحدد مولد الضد، علل ذلك.

* بناءا على ما تقدم في هذا موضوع بين في رسم تخطيطي تحصيلي التخصص الوظيفي للبروتينات الدفاعية.

معلومات مفيدة

- **TCR**: مستقبل غشائي للخلايا T (T Cell Receptor).
- **IL1**: مبلغ كيميائي تفرزه الخلايا العارضة.

النشاط 9

سبب فقدان المناعة المكتسبة

يفقد الجهاز المناعي قدرته على الدفاع عن الذات نتيجة إصابة بعض خلاياه بفيروس VIH، المسبب لمرض فقدان المناعة المكتسبة السيدا (SIDA).

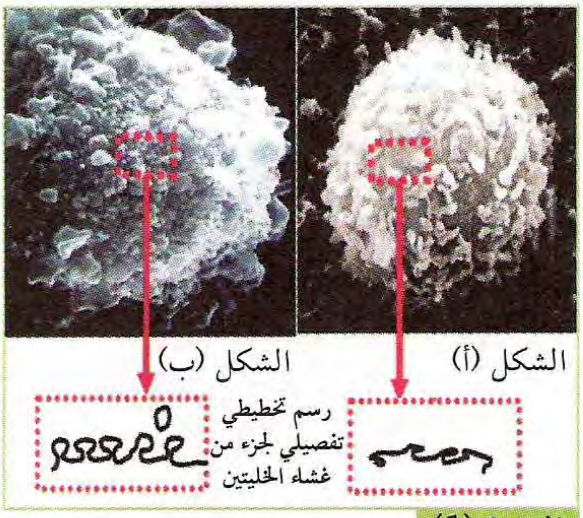
➢ كيف يحدث هذا الفيروس عجزا في الجهاز المناعي ؟

❶ الخلايا المستهدفة من طرف فيروس VIH

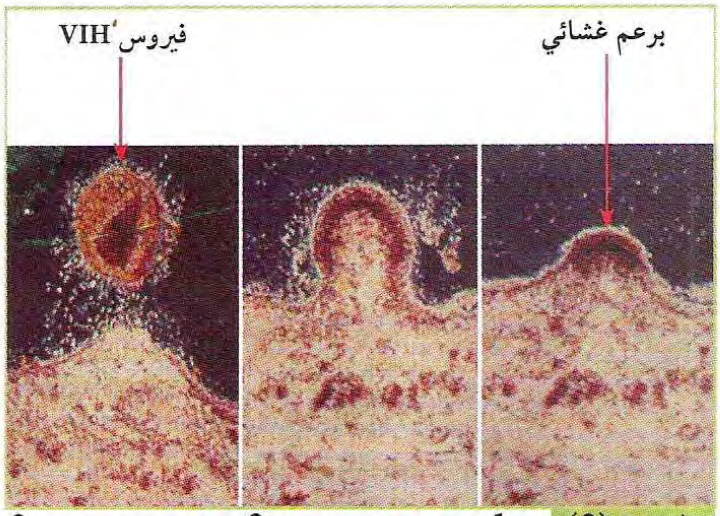
لمعرفة الخلايا المستهدفة من طرف هذا الفيروس نجري الدراسة التالية:

المرحلة 1:

تمثل الوثيقة (1) صورتين بالمجهر الالكتروني الماسح لخليتين لمفاويتين T، الشكل (أ) خلية LT غير مصابة، بينما الشكل (ب) خلية لمفاوية T مصابة بفيروس VIH. أما الوثيقة (2) فتمثل مظهر لجزء من غشاء الخلية اللمفاوية المصابة خلال فترات زمنية مختلفة من تطور الإصابة.



الوثيقة (1)



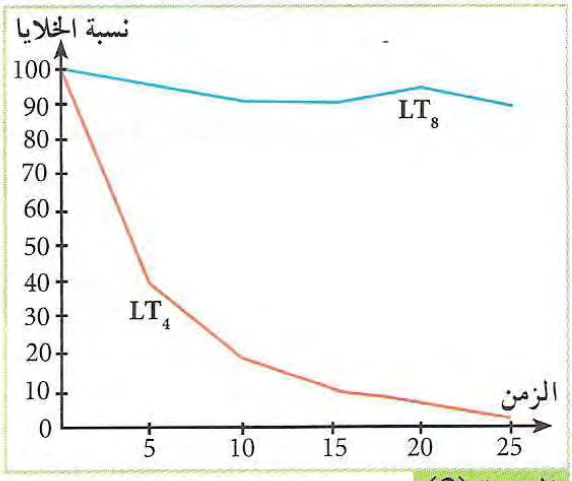
الوثيقة (2)

1. قارن بين مظهر غشاء الخلية المصابة بغشاء الخلية العادية من خلال شكلي الوثيقة (1).
2. بالاعتماد على أشكال الوثيقة (2)، اشرح مظهر خلية الشكل (ب) من الوثيقة (1).

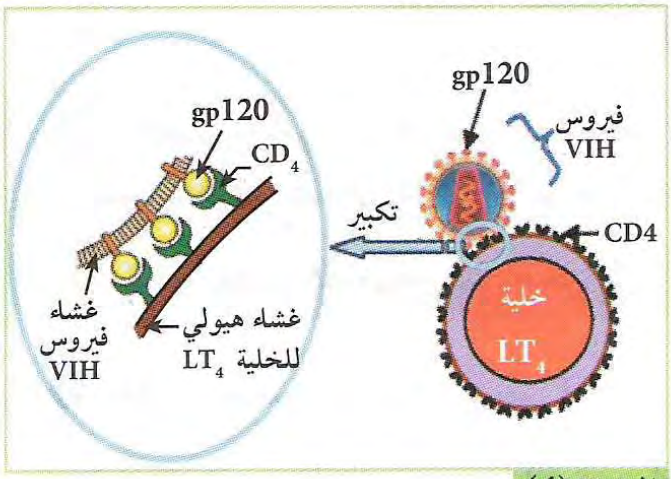
المرحلة 2:

تزرع خارج الجسم خلايا لمفاوية T_4 و T_8 مع فيروسات VIH، ونتتبع تطور نسبة هذه الخلايا، النتائج ممثلة في منحنى الوثيقة (3).

والوثيقة (4) تبين رسومات تفسيرية لصور خلايا لمفاوية بالمجهر الالكتروني مزروعة مع الفيروس VIH.



الوثيقة (3)

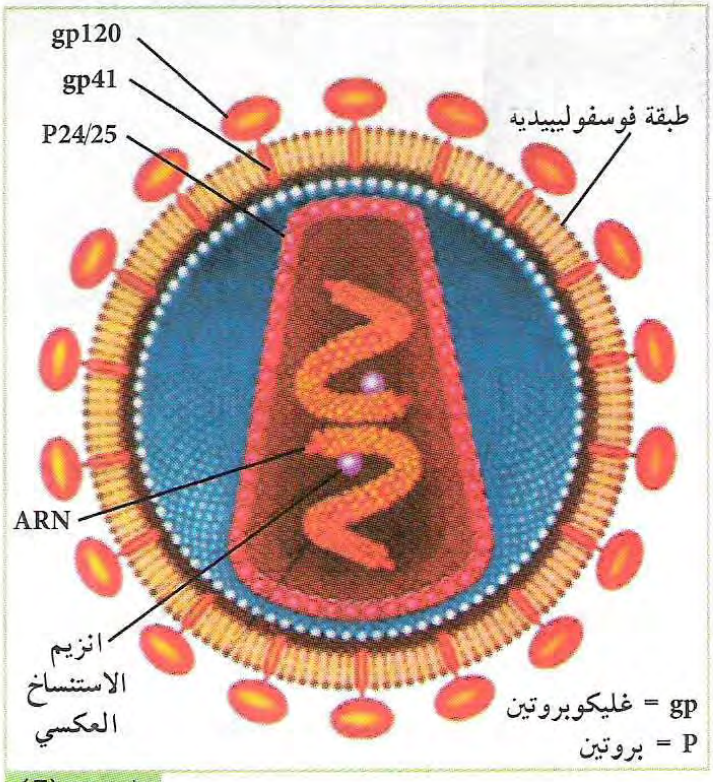


الوثيقة (4)

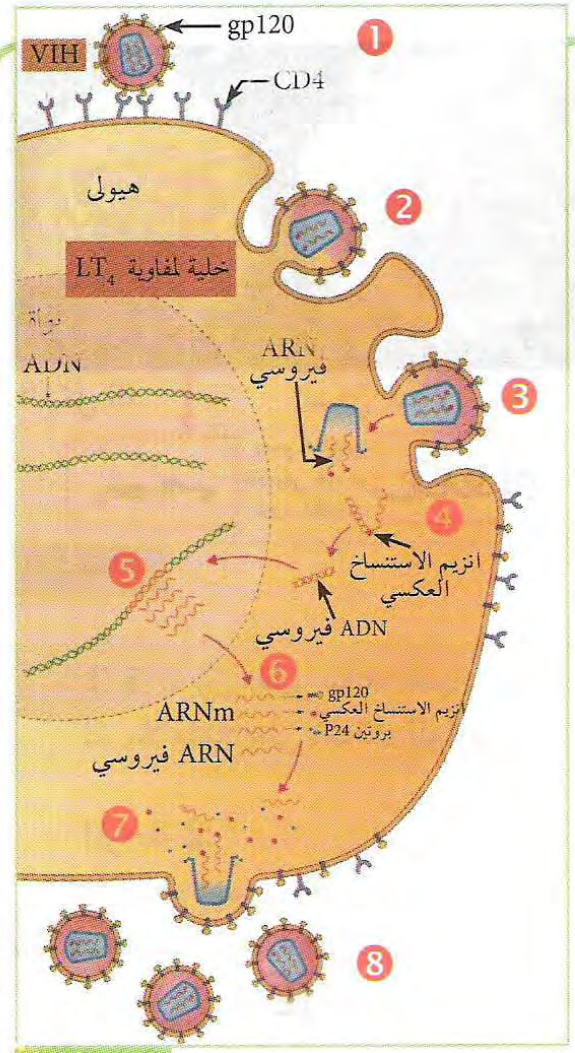
1. حلل منحنى الوثيقة (3)، ماذا تستنتج ؟
2. بالاعتماد على المعلومات التي تظهرها معطيات الوثيقة (4)، علل استهداف VIH للخلايا LT_4.

❷ تطور فيروس VIH و LT_4

المرحلة 1: تمثل الوثيقة (5) رسم تخطيطي لبنية فيروس VIH، بينما الوثيقة (6) تمثل رسم تخطيطي لتطور فيروس VIH داخل الخلية اللمفاوية LT_4 (دورة VIH).



الوثيقة (5)



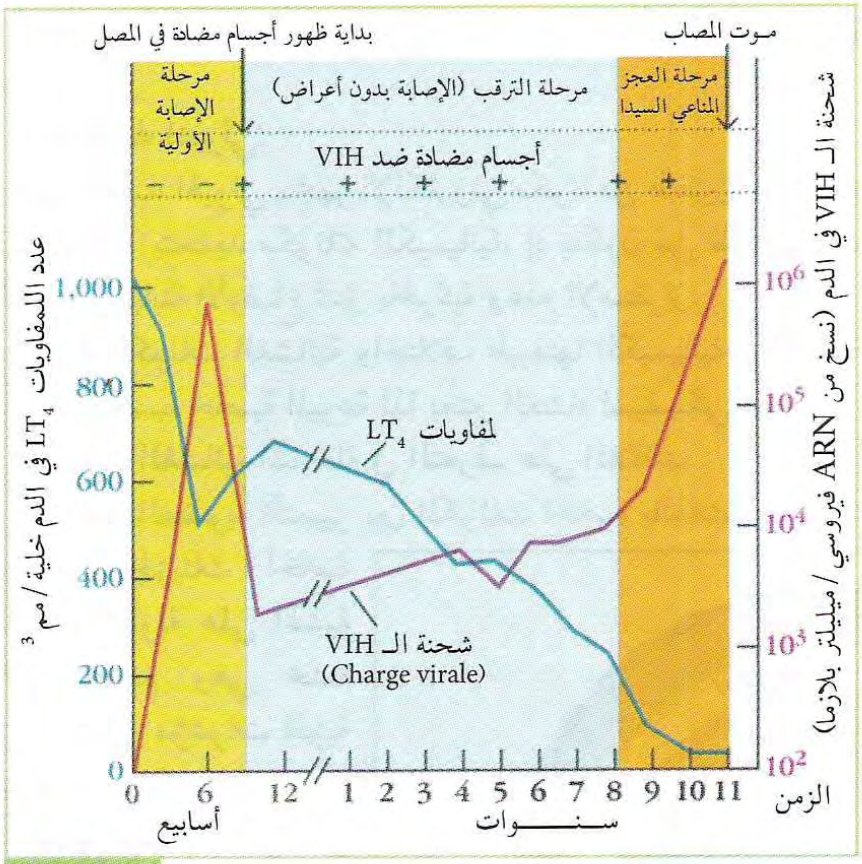
الوثيقة (6)

1. بالاعتماد على الوثيقة (5) حدد المكونات الجزيئية لفيروس VIH، ثم استنتج الطبيعة الكيميائية لدعامته الوراثية.
2. حدد دور كل من gp120 والـ ARN الفيروسي وإنزيم الاستنساخ العكسي في إصابة الخلية اللمفاوية LT_4.
3. صف معتمدا على المراحل الموضحة في الوثيقة (6) دورة فيروس VIH في الخلية اللمفاوية LT_4.

المرحلة 2:

يبقى فيروس السيدا VIH داخل الخلايا اللمفاوية عدة سنوات دون أن تظهر على الشخص أعراض المرض (مرحلة الإصابة بدون أعراض).

يمثل منحنيي الوثيقة (7) تطور الخلايا اللمفاوية T_4 وشحنة فيروس الـ VIH عند شاب أصيب بالفيروس.



الوثيقة (7)

1. انجز تحليلا مقارنا للمنحنيين في المراحل الثلاثة، ماذا تستخلص ؟
2. استخرج من المنحنى سبب العجز المناعي.
3. إذا علمت أن فيروس السيدا يصيب كذلك البالعات الكبيرة، علل ذلك.

* ابحث في شبكة الأنترنيت عن آخر المستجدات (بحوث) المتعلقة بمرض فقدان المناعة المكتسبة.

معلومات مفيدة

- **فيروس VIH**: من الفيروسات الراجعة (Retrovirus) لأن مادته الوراثية هي ARN.
- **إنزيم الاستنساخ العكسي**: يسمح بتشكيل الـ ADN انطلاقا من ARN.
- **إنزيم الانتيغراز (الادماج)**: يتواجد في فيروس VIH يسمح بدمج الـ ADN الفيروسي مع ADN LT_4

الحصيلة المعرفية

يمثل كل فرد وَحدة بيولوجية مستقلة بذاتها، إذ تستطيع عضويته التمييز بين مكونات الذات واللاذات.

النشاط ❶: المكتسبات القبلية

تستجيب العضوية نتيجة اختراقها من طرف أجسام غريبة برد إلتهابي تتدخل فيه بعض سوائل الجسم والبلعميات وهي استجابة مناعية لانوعية، كما تستجيب العضوية بتفاعلات مناعية نوعية حالة رفض الطعوم.

النشاط ❷: الذات واللاذات

يقصد بالذات عند الفرد مجموع الجزيئات الناتجة من التعبير المورثي، التي تمثل هويته البيولوجية الخاصة به.

- **بنية الغشاء الهيولي:**

يبدو الغشاء الهيولي بالمجهر الإلكتروني مكونا من طبقتين عاتمتين تتخللهما طبقة نيرة، سمحت الدراسات البيوكيميائية بتحديد مكوناته الكيميائية، إذ يتكون من طبقتين فوسفوليبيديتين تتخللها بروتينات مختلة الأحجام ومتباينة الأوضاع تمتاز بالحركية وعدم الإستقرار.

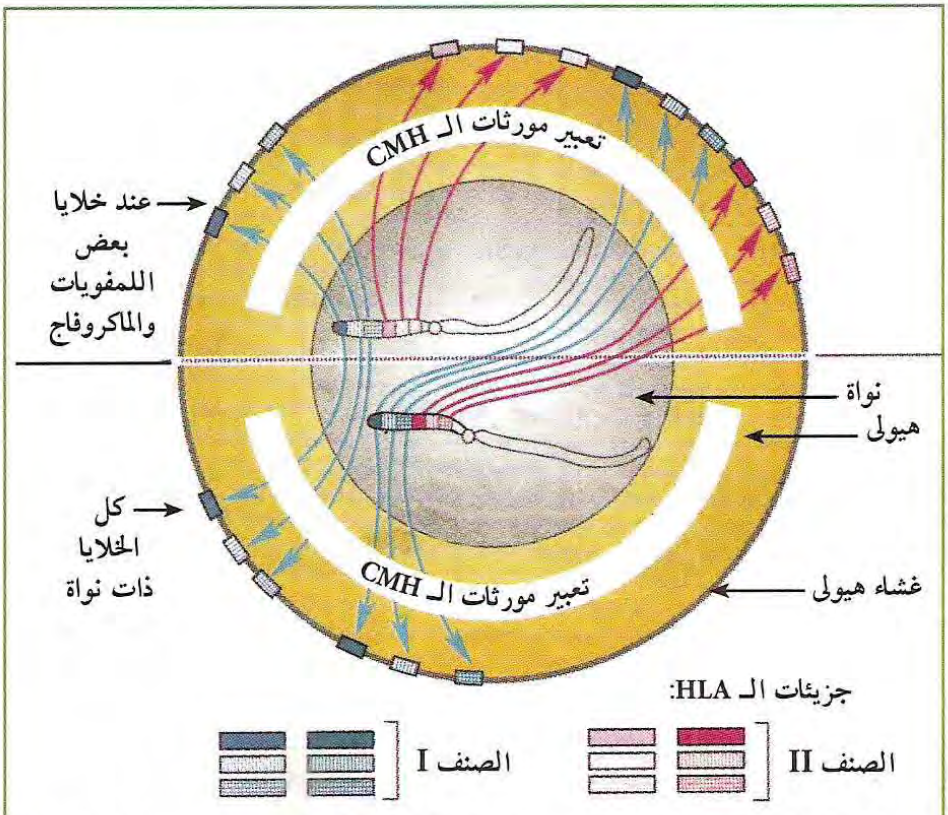
تنوع المكونات الغشائية واختلاف طبيعتها الكيميائية وأشكالها تكسب الغشاء منظرا فسيفسائيا أما حركيتها فتكسبه خاصية الميوعة لذا يعتبر الغشاء فسيفسائي مائع.

- **الجزيئات الغشائية المتدخلة في التعرف على اللاذات:**

تستطيع العضوية التمييز بين المكونات الخاصة بالذات والمكونات الغريبة عنها اللاذات. تحدد الذات بمجموعة الجزيئات الخاصة بالفرد والمحمولة على أغشية خلايا الجسم وهي محددة وراثيا وتمثل مؤشرات الهوية البيولوجية ونميز منها:

1. نظام معقد التوافق النسيجي (CMH):

تحمل أغشية خلايا الجسم ذات نواة جزيئات ذات طبيعة غليكو بروتينية تعرف بجزيئات الـ HLA والناتجة عن التعبير المورثي لمختلف مورثات معقد التوافق النسيجي CMH.



رسم تخطيطي يوضح أهم الجزيئات المحددة للذات الناتجة عن تعبير مورثات CMH

توجد هذه المورثات في الصبغي رقم 6 عند الإنسان وتتميز بـ:

- مجموعة من المورثات مرتبطة ومتقاربة جدا.
- كل مورثة لها عدة أليلات ولا توجد سيادة بينها.

إن المميـزات التي تختص بها مورثات الـ CMH هي التي تفسر أحادية الفرد بيولوجيا، وبالتالـي تنـوع الـ HLA بين الأفراد، مما يفسر رفض الطعوم المزروعة.

تصنف جزيئات الـ HLA إلى صنفين:

- الصنف I: يتواجد على سطح غشاء كل خلايا الجسم ذات نواة.
- الصنف II: يتواجد على سطح بعض الخلايا اللمفاوية والبلعميات الكبيرة.

2. مؤشرات الزمر الدموية:

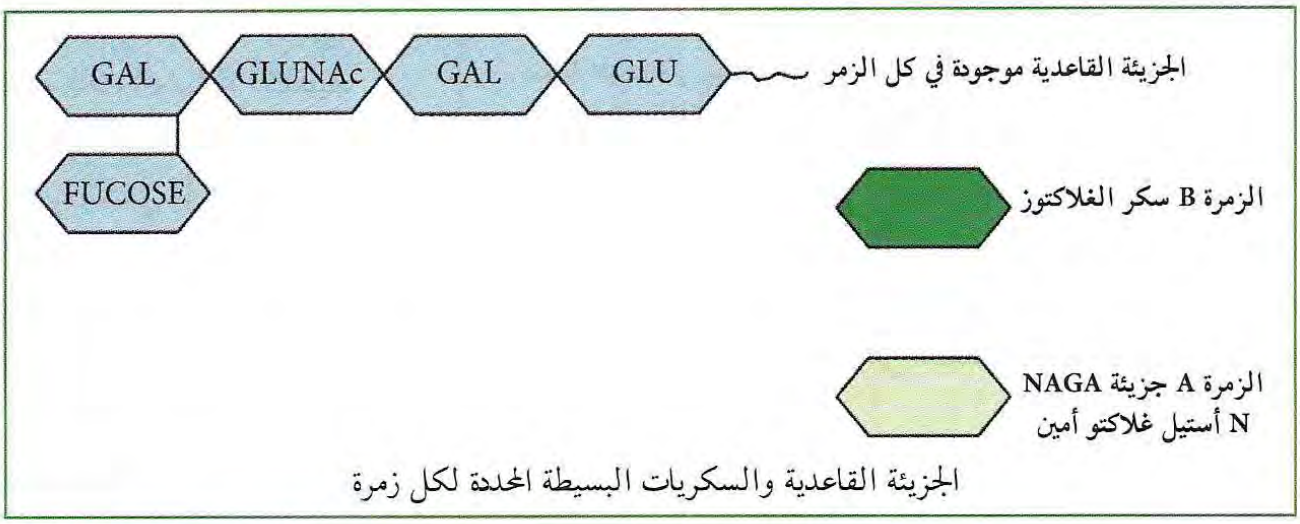
لا تحتوي الكريات الحمراء على جزيئات الناتجة عن تعبير مورثات الـ CMH بل تحتوي على محددات خاصة وهي جزيئات غشائية تحدد الزمر الدموية ABO وعامل الريزوس.

تحديد الجزيئات المحددة للزمرة ABO:

توجد الجزيئات المحددة للزمر ABO على سطح غشاء الكريات الدموية الحمراء وهي ذات طبيعة سكرية مرتبطة بجزء غير سكري.

تتميز الزمر الدموية مهما كانت بلحتوائها على جزيئة قاعدية تتكون من سكر قليل التعدد به خمس وحدات من السكريات البسيطة.

الزمر الدموية المختلفة تعود إلى ربط وحدة سادسة بواسطة إنزيم نوعي بسكر الغلاكتوز الطرفي للجزيئة القاعدية، وعليه فنوع السكرالسادس هو المميز لكل زمرة دموية.



الجزيئة القاعدية والسكريات البسيطة المحددة لكل زمرة

الزمر الدموية محددة وراثيا، ويشرف على ذلك مورثة متواجدة على الصبغي رقم 9 تتميز بما يلي:

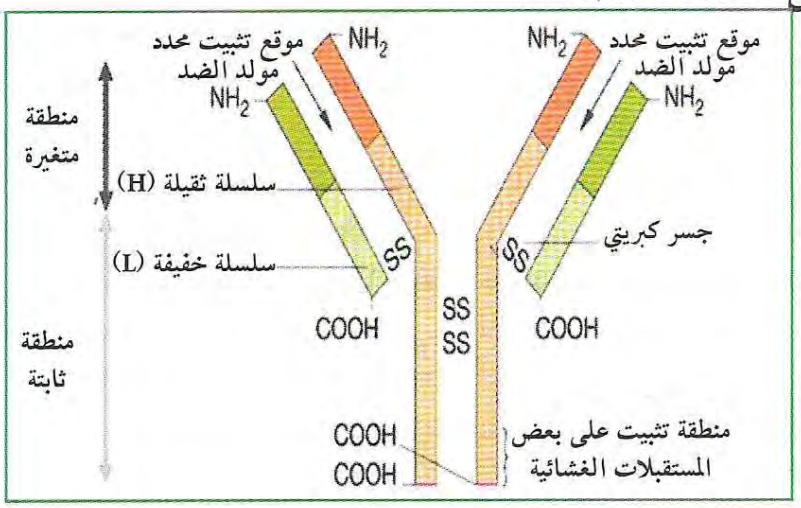
- لها ثلاث أليلات: A, B, O
- لا توجد سيادة بين A وB لكن كلاهما سائدتان على O.

يمكن التمييز بين مختلف الزمر حسب الجدول التالي:

الزمرة	المستضدات	الأجسام المضادة
A	A	ضد B
B	B	ضد A
AB	A + B	لا شيء
O	لا شيء	ضد A وB

تحديد الجزيئات المحددة للريزوس: تحتوي بعض الكريات الحمراء على جزيئات بروتنية تميز الأفراد موجبو الريزوس ويشرف عليها مورثة متواجدة في الصبغي رقم 1 عند الإنسان ولها أليلين.

النشاط ❸: طرق التعرف على محداد المستضد



يسبب دخول جزيئات غريبة في بعض الحالات إلى العضوية إنتاج مكثف لجزيئات تختص بالدفاع عن الذات تدعى الأجسام المضادة.

ترتبط الأجسام المضادة نوعيا مع المستضدات التي حرضت انتاجها مشكلة معقدات مناعية وتدعى المناعة التي تتدخل فيها الأجسام المضادة بالمناعة ذات الوساطة الخلطية.

الأجسام المضادة: جزيئات ذات طبيعة بروتينية تنتمي إلى مجموعة الغلوبيلينات المناعية من نوع γ (Ig).

يتكون الجسم المضاد من أربعة سلاسل بيبتيدية، سلسلتان خفيفتان وسلسلتان ثقيلتان. تتصل السلاسل الثقيلة بالسلاسل الخفيفة عن طريق جسور ثنائية الكبريت. كما تتصل السلاسل الثقيلة فيما بينها بواسطة جسور ثنائية الكبريت. تحوي كل سلسلة من سلاسل الجسم المضاد على منطقة متغيرة (موقع تثبيت محدد مولد الضد) ومنطقة ثابتة يمكنها التثبت على البالعات.

النشاط ❹: المعقد المناعي

يملك الجسم المضاد موقعين لتثبيت المحددات المستضدية تشكلهما نهايات السلاسل الخفيفة والثقيلة للمناطق المتغيرة. يرتبط الجسم المضاد بمحددات المستضد ارتباطا نوعيا (لوجود تكامل بنيوي) في موقع التثبيت ويشكلان معا المعقد المناعي (جسم مضاد – مستضد).

يؤدي تشكل المعقد المناعي إلى إبطال مفعول المستضد ليتم بعدها التخلص منه عن طريق ظاهرة البلعمة.

تتم عملية بلعمة المعقد المناعي على مراحل:

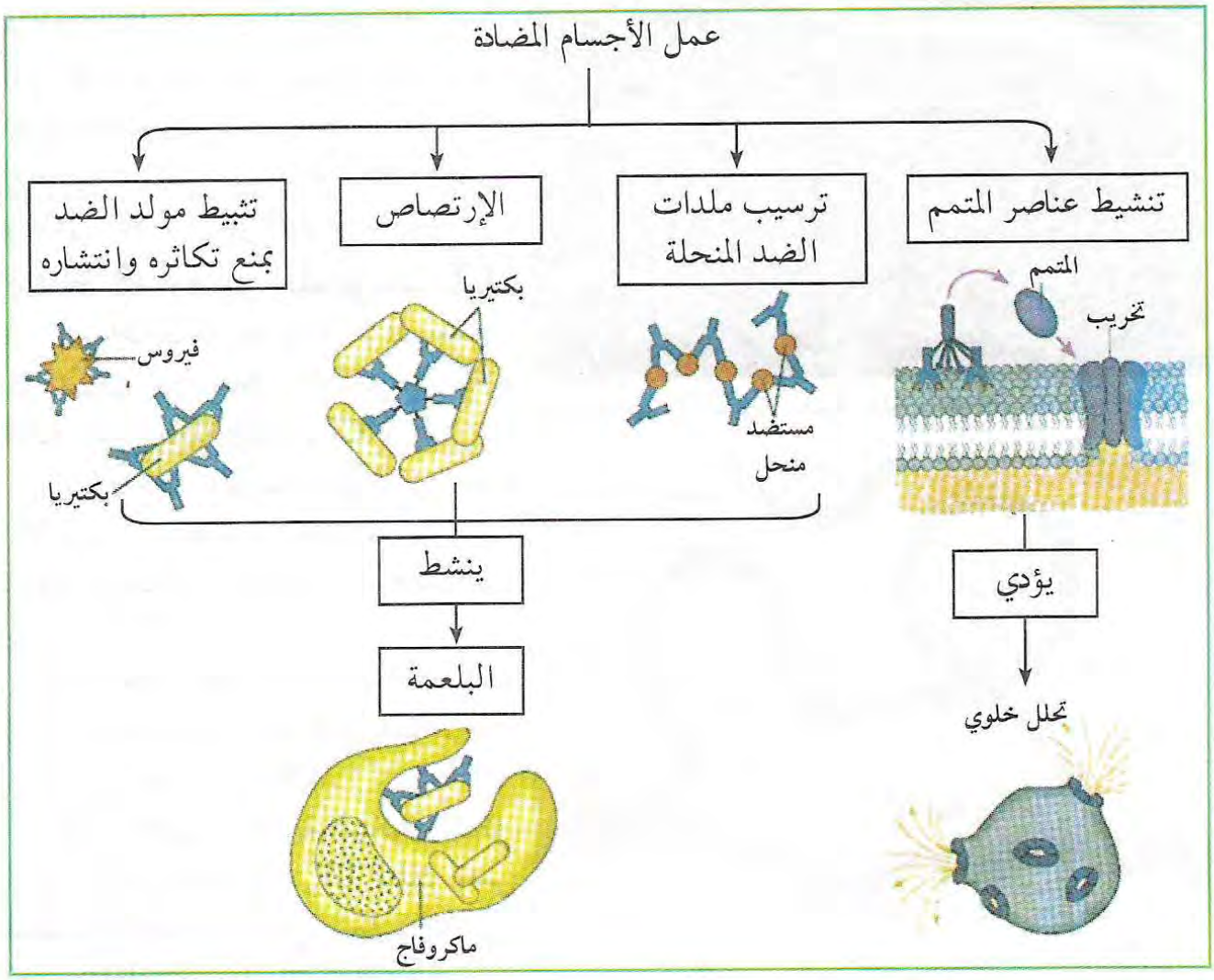
– يتثبت المعقد المناعي على المستقبلات الغشائية للبلعميات الكبيرة بفضل التكامل البنيوي بين هذه

المستقبلات وبين موقع تثبيت خاص يوجد في مستوى الجزء الثابت للجسم المضاد.

- يحاط المعقد المناعي بثنية غشائية (أرجل كاذبة) مشكلة حويصل إقتناص يحوي المعقد المناعي، يخرب المعقد المناعي بالانزيمات الحالة التي تصبها الليزوزومات في حويصلات الاقتناص.

تنشيط عناصر المتممة: تشكل المعقد المناعي يؤدي إلى تنشيط قطعة من عناصر المتممة فترتبط الموقع الفعال الموجود على الجسم المضاد منه يتنشط معقد الهجوم الغشائي CAM المسؤول عن فتح قنوات بأغشية الخلايا الغريبة مما يؤدي إلى موتها بالتحلل.

الشكل التالي يلخص عمل الأجسام المضادة ومصير المعقد المناعي:



النشاط ❺: مصد الأجسام المضادة

تنتج الأجسام المضادة من طرف الخلايا البلازمية التي تتميز بحجم كبير وشبكة هيولية كثيفة وجهاز كولجي متطور...

تتشكل الخلايا اللمفاوية LB في نخاع العظام وتكتسب كفاءاتها المناعية فيه بتركيب مستقبلات غشائية عبارة عن أجسام مضادة.

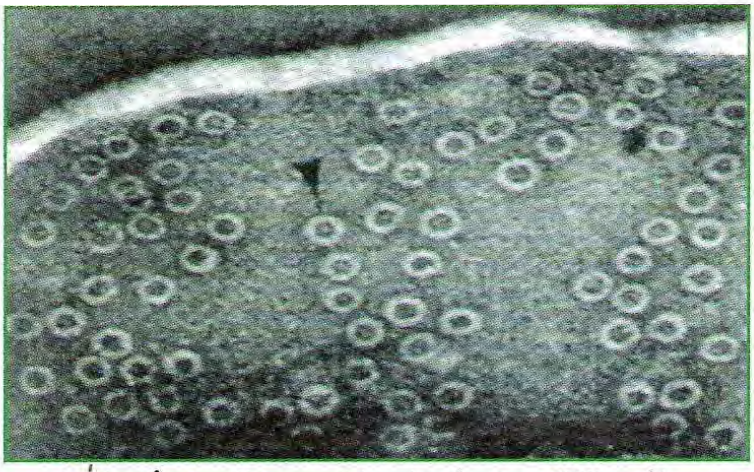
يؤدي تعرف الخلايا اللمفاوية LB على المستضد إلى انتخاب لمة من الخلايا اللمفاوية LB تمتلك مستقبلات غشائية متكاملة بنيويا مع محددات المستضد.

يطرأ على الخلايا اللمفاوية LB المنتخبة والمنشطة انقسامات بعضها يتمايز لتظهر خلايا بلازمية (بلاسموسيت)، تنتج وتفرز الأجسام المضادة، والآخر يعطي LBm (لها دور في حفظ المناعة)

يتم التخلص من الخلايا المصابة أو خلايا الطعم باستجابة مناعية ذات وساطة خلوية، تتدخل فيها خلايا LTc السامة، تتعرف الخلايا اللمفاوية السامة على المستضد النوعي بواسطة مستقبلات غشائية TCR فتقوم بحلها.

النشاط ❻: طرق تأثير اللمفويات LTc

يثير تماس الخلايا اللمفاوية LTc السامة مع الخلايا المصابة إفراز بروتين البرفورين الذي يكون قنوات على مستوى غشاء الخلية المستهدفة مع بعض الأنزيمات الحالة. يشكل البرفورين قنوات على غشاء الخلايا المصابة مؤديا إلى انحلالها (أنظر الوثيقة المقابلة).



صور بالمجهر الالكتروني لغشاء خلية مستهدفة بعد تأثير البرفورين

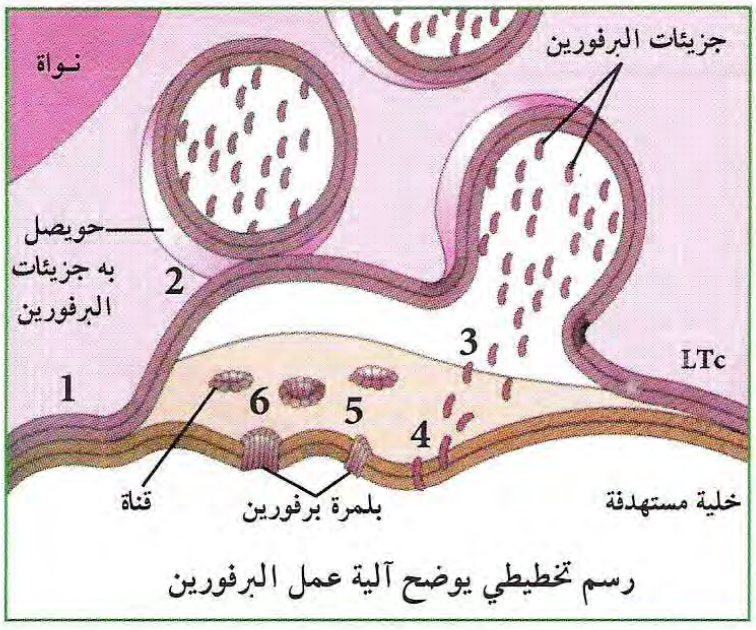
النشاط ❼: مصدر اللمفويات LT

تنتج الخلايا اللمفاوية LTc السامة من تمايز صنف من الخلايا اللمفاوية: الخلايا التائية LT_8 الحاملة لمؤشر CD_8.

تنشأ الخلايا اللمفاوية في نخاع العظام وتكتسب كفاءاتها المناعية بتركيب مستقبلات غشائية نوعية في الغدة التيموسية وتسمى بالـ LT.

يتم انتخاب الخلايا اللمفاوية المتخصصة ضد بيبتيد مستضدي عند تماس هذه الأخيرة مع الخلايا المقدمة له (CPA).

تتكاثر الخلايا اللمفاوية المنتخبة وتشكل لمة من الخلايا اللمفاوية LT_8 تمتلك نفس المستقبل الغشائي التائي، يتمايز بعضها ليعطي LTc والآخر يبقى LT_8 m.



رسم تخطيطي يوضح آلية عمل البرفورين

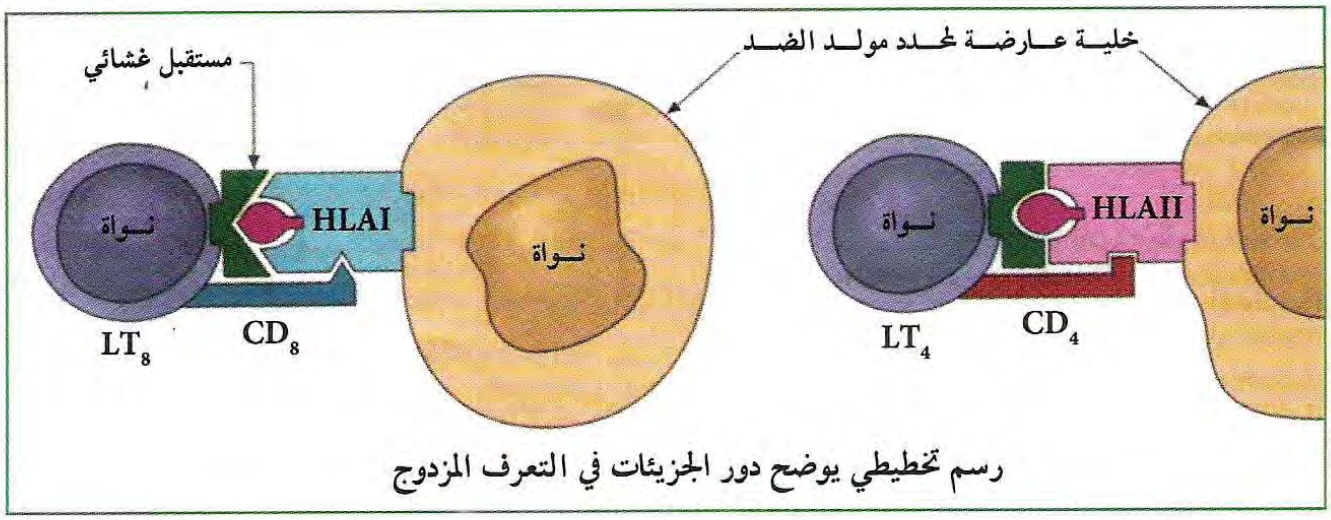
- **تحفيز الخلايا LT وLB**: تنشط الخلايا LT وLB ذات الكفاءة المناعية بعد تعرفها على مولد الضد بواسطة مبلغات كيميائية هي الأنترلوكينات المفرزة من طرف الخلايا اللمفاوية LTh المساعدة (الناتجة عن تمايز الخلايا LT_4 المتخصصة)، فتتكاثر وتتمايز إلى خلايا بلازمية وخلايا سامة حسب نوع الخلية.

لا تؤثر الأنترلوكينات (IL2) إلا على اللمفاويات المنشطة أي اللمفاويات الحاملة للمستقبلات الغشائية الخاصة بهذه الأنترلوكينات والتي تظهر بعد الاتصال بالمستضد.

- **اختيار نمط الاستجابة المناعية المناسبة**: تحمل أغشية الخلايا محددات الذات من الصنف 1 والصنف 2

والتي تقوم بتقديم محدد المستضد وتنشيط الخلايا اللمفاوية كالبالعات الكبيرة، والتي تقوم بعد التعرف على المستضد باقتناصه وهدم بروتيناته جزئيا ثم تعرض بعض بيبتيداته على سطح أغشيتها مرتبطا بـ: HLA يكون انتقاء نسائل من الخلايا LB أو LT (وبالتالي نمط الاستجابة المناعية مرتبطا بمحدد المستضد) بحيث: البيبتيدات الناتجة عن البروتينات داخلية المنشأ (بروتينات فيروسية، بروتينات الخلية السرطانية ....) تقدم على سطح أغشية الخلايا العارضة مرتبطا بجزيئات HLA من الصنف 1 إلى الخلايا LT_8 التي تحمل مؤشرات الخلايا التائية القاتلة CD_8 ويكون تنشيط هذه الخلايا مضاعف:

- تنشط أولا من طرف الخلايا العارضة عن طريق الأنترلوكين 1.
- تنشط في المرحلة الثانية من طرف الخلايا المساعدة LTh النوعية لهذا المستضد عن طريق الأنترلوكين 2.
- البيبتيدات الناتجة عن البروتينات المستدخلة (خارجية المنشأ) تقدم مرتبطة أساسا بجزيئات HLA من الصنف 2 إلى الخلايا المساعدة التي تحمل مؤشرات من نوع CD_4.
- الخلايا LTh المساعدة المنشطة عن طريق الأنترلوكين 1 (IL1) تنشط بدورها الخلايا LB النوعية لنفس المستضد.
- الأنترلوكينات عبارة عن بروتينات سكرية.



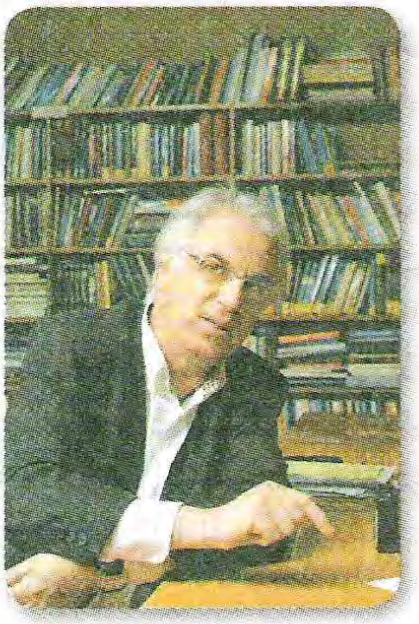
رسم تخطيطي يوضح دور الجزيئات في التعرف المزدوج

النشاط ❽: فقدان المناعة المكتسبة

يهاجم فيروس فقدان المناعة البشري (VIH) الخلايا اللمفاوية المساعدة LT_4 والبلعميات الكبيرة وبلعميات الأنسجة وهي خلايا أساسية في التعرف وتقديم المستضد إلى جانب تنشيط الاستجابات المناعية، لذا يتناقص عدد الخلايا المساعدة TCD4 في مرحلة المرض إلى أقل من 200 خلية / ملم^3.

تبدو أغشية الخلايا المساعدة غير مستوية عليها تبرعمات عديدة وهو مظهر نمطي للخلايا المصابة بالفيروسات.

معلومات قيمة لباحث ومختص في المناعة



بقلم البروفسور كمال صنهاجي

البروفسور كمال صنهاجي يحمل عدة شهادات منها :
– شهادة دكتوراه (درجة ثالثة) في علم المناعة الصيدلانية.
– شهادة دكتوراه دولة تخصص علم المناعة.
وهو أستاذ جامعي في العلوم البيولوجية وعلم الخلية.
باحث ومدير مخبر العجز المناعي بمستشفى "E. Herriot, Lyon"

الاستجابة المناعية والدفاع ضد العدوى

يعرضنا المحيط إلى أنواع كثيرة من العوامل الجرثومية المسببة للعدوى والمتمثلة في الفيروسات، البكتريا، الفطريات، والطفيليات . يمكن لهذه العوامل إن لم يسيطر ويقضى عليها، أن تتكاثر وتسبب إصابة العضوية نتيجة ذلك. بفضل الاستجابات المناعية عند الشخص العادي، أغلب الاصابات تكون محددة في الزمن وقليلة الضرر بالعضوية. إن غاية الجهاز المناعي هو السماح للجسم بالمحافظة على تماسك الخلايا والأنسجة التي تكوّنه وضمان وحدته وذلك بإقصاء لمكوناته الخاصة التالفة من جهة ومن جهة أخرى، إقصاء المواد الغريبة والعناصر الجرثومية أو المعدية التي يتعرض لها.

من مفاتيح العمل الجيد للجهاز المناعي، القدرة على التمييز (التعرف) بين المكونات الطبيعية للجسم (الذات) والتي يجب أن تحظى بتسامح مناعي، وبين العوامل الممرضة (اللاذات) أو المكونات التالفة من العضوية (الذات المتغيرة) والتي يجب إقصاؤها.

تم انتهاج استراتيجيتين مختلفين أثناء تطور العضويات لتأمين هذه الوظيفة:

– الأولى (عند النباتات والكائنات الأولية) وتعتمد على المناعة الطبيعية، كخط دفاعي أول.

– الثانية (عند الفقاريات) وهي تعتمد على المناعة المتكيفة أو النوعية.

عندما لا تجدي المناعة الطبيعية نفعا تتنشط المناعة المتكيفة وذلك بتوفير عوامل نوعية (بروتينات مثل الأجسام المضادة، لمفويات T والسيتوكينات) القادرة على إقصاء العامل المعدي.

بعد ذلك، يحتفظ الجهاز المناعي لعدة سنوات، وأحيانا العمر كله، بهذه الإصابة في الذاكرة المناعية. تتنشط هذه الذاكرة على شكل دفاع نوعي كلما عاود نفس العامل المعدي الظهور. يرتكز التلقيح على هذا المبدأ، ألا وهو تحريض الذاكرة المناعية، وهكذا نرى أن أهم عاملين في المناعة النوعية يتمثلان في النوعية والذاكرة. أما بخصوص المناعة الطبيعية، فهي تتم عن طريق مجموعة من الخلايا (تتمثل أساسا في الماكروفاج، والخلايا متعددة النواة والقاتلات الطبيعية NK) وعوامل منحلة (تتمثل أساسا في المتمم والكيموكينات les chimiokines) وهي التي تؤدي إلى رد فعل إلتهابي.

غاية الجهاز المناعي أيضا تتمثل في التعرف على المستضدات ويترجم ذلك إلى استجابة مناعية متكيفة للقضاء على مصدر المستضد. لمواجهة العوامل الممرضة (المستضدات)، وتتم الإستجابة المناعية بطريقتين:

– عندما توجّه الإستجابة المناعية النوعية ضد عوامل ممرضة توجد داخل الخلايا (داخلية المنشأ مثل

الفيروسات) تكون الإستجابة المناعية خلوية بتدخل خلايا LT.

- وتوجه الاستجابة المناعية النوعية الخلطية ضد الجراثيم الموجودة خارج الخلايا (خارجية المنشأ) وتتم بواسطة الأجسام المضادة التي تفرزها LB المنشطة أو البلاسموسيت.

غالبية الإستجابات المناعية تتطلب ردود فعل الخلايا LB وLT (LT_4 أو LTh، LT_8 أو LTc) معا. وهذا بفضل ظاهرة التعاون (effet helper) بين هذه الخلايا، يتم هذا التعاون كذلك بعرض محددات المستضدات على سطح غشاء الخلايا بفضل جزيئات الـ HLA من الصنف I أو II الناتجة عن التعبير المورثي لمعقد التوافق النسيجي CMH.

تتسبب إصابة الجهاز المناعي بفيروس VIH في ظهور أحد أمراض النقص المكتسب للمناعة (SIDA ou syndrome de l'immunodéficience acquise).

ينتقل فيروس VIH عن طريق الإتصالات الجنسية، عن طريق الدم (إبر، تبادل الحقنات بين المدمنين، نقل الدم بدون كشف مسبق)، أو عن طريق الأم الحامل المصابة إلى الطفل عبر المشيمة خلال الوضع أو عن طريق الرضاعة. ولا توجد طرق أخرى للعدوى ثابتة حاليا. إن التشخيص الروتيني للإصابة بفيروس نقص المناعة يرتكز على البحث عن أجسام مضادة ضد VIH بتقنية ELISA والمؤكدة بتقنية western-blot.

وفي بعض الحالات إيجاد الفيروس يكون بالبحث عن المورثات الفيروسية أو الـ ARN الفيروسي في البلازما والخلايا باستعمال تقنية التضخيم الإنزيمي PCR (polymerase chain reaction).

إن فيروس النقص المكتسب للمناعة يتثبت بفضل جزيئة gp120 على الخلايا التي تحتوي مستقبلات CD4 (خاصة بالخلايا LT_4) ويدخل في الخلية المستهدفة بفضل جزيئة الغليكوبروتينية gp41 وبما أنه من الفيروسات الراجعة (القهقرية) فهو يحوّل الـ ARN الخاص به إلى ADN فيروسي بفضل إنزيم الإستنساخ العكسي. بعد ذلك يدخل الـ ADN الفيروسي داخل نواة الخلية المستهدفة ويندمج مع ADN الخلية، هذا الـ ADN المدمج (ADN proviral) قد يبقى كامنا أو يعبّر عن نفسه ويؤدي إلى دورة إنتاجية.

خلال تنشيط الخلايا تركّب المورثات الفيروسية الـ ARNm الذي يترجم إلى بروتينات فيروسية، تنتقل هذه الأخيرة نحو الغشاء السيتوبلازمي وتُحرّر بالتبرعم. إذا كانت هذه الدورة الانتاجية للفيروس كثيفة أو قوية فإنها تنتهي بالقضاء على الخلية المستهدفة. وأهم حدث بيولوجي يلاحظ، يتمثل في التناقص التدريجي لعدد اللمفويات LT_4 وتزايد الشحنة الفيروسية. إن هذا التضاعف الفيروسي المكثف قد ينجم عنه طفرات وظهور فيروسات طافرة (VIH mutant)، لأن الفيروس يتميز بقابلية كبيرة لتحوّل المورثات، وتكون نتيجة هذه التحوّلات عدم نجاعة الأجسام المضادة المنتجة من طرف المصاب وكذا الأدوية المضادة للفيروسات. وهكذا فإن الجهاز المناعي المعطوب يترك مكانا لظهور مرض السيدا الذي يتميز أولا بانتفاخ العقد اللملفاوية ثم ظهور إصابات ناتجة عن الجراثيم الانتهازية، أورام، حالات عصبية.

إن طرق العلاج الحالية (متعددة العلاجات) تهدف إلى السيطرة على الانتشار الفيروسي بكبت بعض الأنزيمات الفيروسية (أنزيم الاستنساخ العكسي والبروتياز). واللقاحات التجريبية الحالية المضادة للـ VIH لم تجد نفعا بسبب الطفرات المتعددة للـ VIH.

إن العلاج التجريبي بالمورثات المضاد لفيروس السيدا (thérapie génique expérimentale anti-VIH) الذي يرتكز على تضليل الفيروس يفتح أفاقا واعدة لمحاربة هذا الفيروس

البروفسور كمال صنهاجي

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1

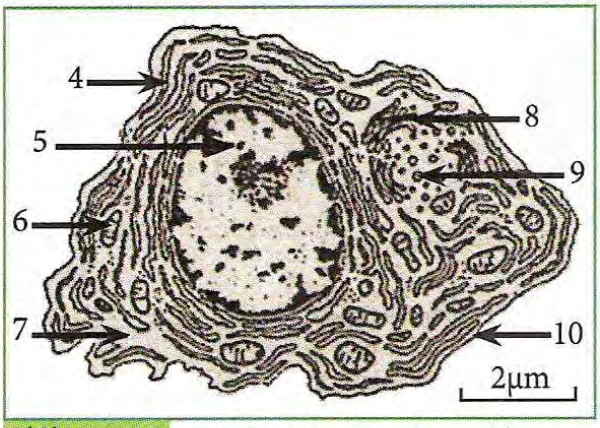
طفل مصاب **الوثيقة (1)**

يعاني الطفل الممثل في الوثيقة (1) بحالة مرضية نتج عنها انتفاخ في بعض العقد الأمر الذي تطلب إجراء بعض التحليلات الطبية الوثائق التالية تمثل بعض نتائجها:

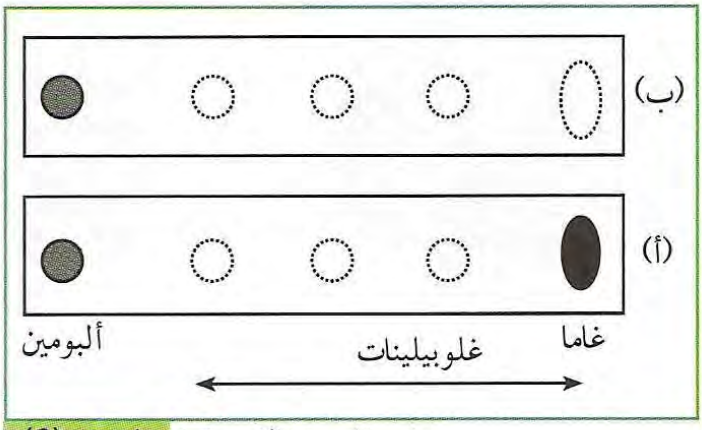
الوثيقة (1): طفل مصاب تبدو عقده اللفوية منتفخة.

الوثيقة (2): نتيجة الهجرة الكهربائية لمصل الطفل المصاب (أ) مقارنة بمصل شخص غير مصاب.

الوثيقة (3): صورة لأحد الخلايا المتواجدة في العقد اللمفوية.

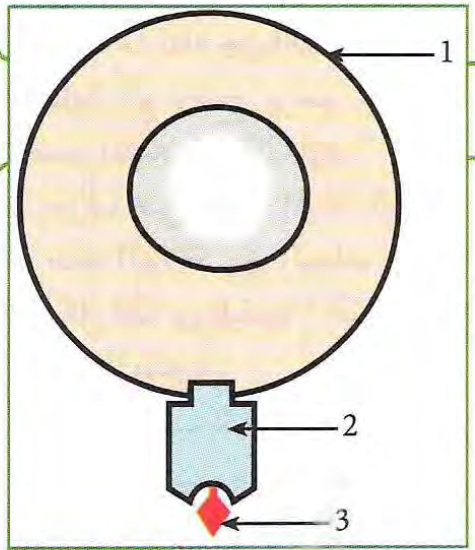


صورة لخلية متواجدة في العقدة المفوية **الوثيقة (3)**



نتائج الهجرة الكهربائية **الوثيقة (2)**

- بعد وضع البيانات المرقمة في الوثيقة (3) وباستغلال منهجي للوثائق واعتمادا على معلوماتك بين أن هذه الأعراض ناتجة عن استجابة مناعية نوعية خلطية ؟



الوثيقة (1)

التمرين 2

الخلايا اللمفوية للشخص س الممنع ضد الزكام لا تقضي على خلايا جسمية للشخص ع مصابة بنفس فيروس الزكام. لمعرفة ذلك نستعرض الوثائق التالية:

الوثيقة (1): تظهر خلية عارضة مصابة بفيروس.

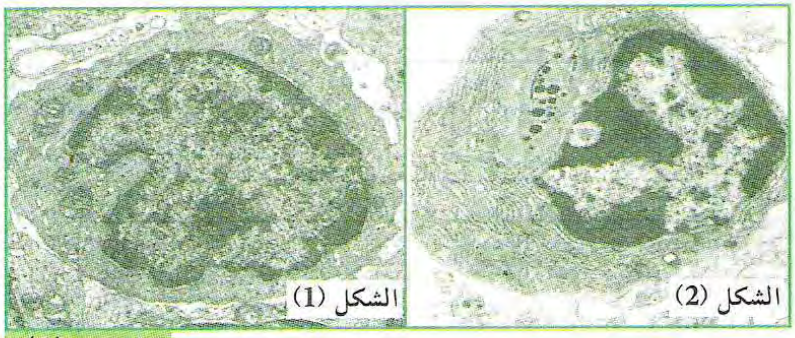
الوثيقة (2): تبين النتائج التجريبية.

التجربة 1	خلايا جسمية مصابة بفيروس الزكام للشخص س مزروعة مع خلايا لمفوية لـ س	تخرب الخلايا الجسمية المصابة
التجربة 2	خلايا جسمية مصابة بفيروس الزكام للشخص ع مزروعة مع خلايا لمفوية للشخص س	عدم تخرب الخلايا الجسمية للشخص ع المصابة

الوثيقة (2)

1. ضع البيانات المرقمة.
2. باستغلال نتائج الوثيقتين (1 و2) اشرح الوضعية المطروحة في التمرين.

التمرين 3

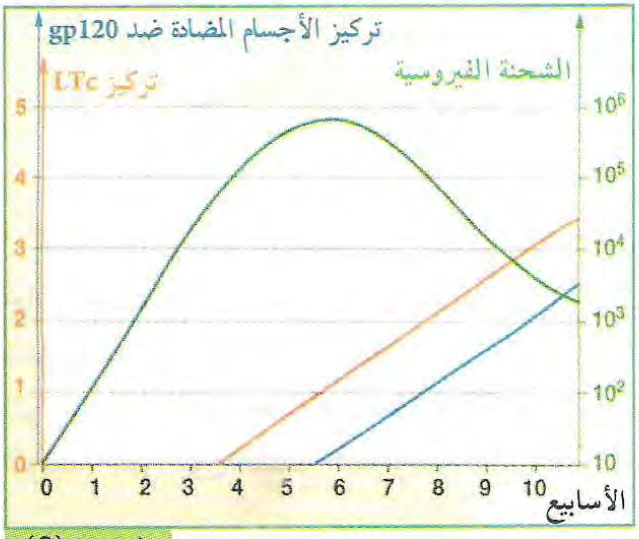


الوثيقة (1)

ظهرت اضطربات خطيرة على صحة أحد الأقارب، تتمثل في ظهور عدة أورام مرفوقة بارتفاع درجة حرارة جسمه.

فنصحته بإجراء فحوصات طبية مركزة، نتائج لفحوصات كانت كما يلي:

- بينت التحاليل الدموية وجود أجسام مضادة خاصة ضد gp120 يسمى هذا النوع من المصل بالمصل الموجب، يدل على إصابة الشخص بفيروس.
- بين الفحص المجهري لعينات مأخوذة من العقد اللمفاوية المنتفخة للعنق عدد كبير من الخلايا المبينة في الشكل (1) التي تتطور وتتحول إلى الخلايا المبينة في الشكل (2) من الوثيقة (1).



الوثيقة (2)

1. حدد ما تمثله جزيئات gp120 بالنسبة للعضوية المصابة، ثم وضح برسم عليه كافة البينات بنية الجسم المضاد ضد gp120.
2. تعرف على الخلايا المبينة بالوثيقة (1) ؟
3. حدد العلاقة بين البنيات التي ظهرت في خلية الشكل (2) ووظيفتها ؟ اقترح تفسيرا لزيادة حجم العقد اللمفاوية.

أراد الطبيب المشرف على هذا المريض أن يتعمق أكثر لتأكيد سبب مرضه، فقام باجراء تحاليل نتائجها مبينة في منحنى الوثيقة (2).

1. هل هذه النتائج المبينة في المنحنى تؤكد سبب نوع الإصابة، وضح ذلك بالاعتماد على نتائج الوثيقتين (1 و2).

2. بناءا على معلوماتك سم مرحلة المرض، ثم فسر النتائج الملاحظة بعد الأسبوع السادس من الإصابة.

للخلايا اللمفاوية LT_4 لها مستقبلات غشائية نوعية تسمح بتثبيت ودخول فيروس السيدا داخل الخلية LT_4 من بين العلاجات المقترحة للتخلص من فيروس السيدا هو حقن عدد كبير من LT_4.

1. فسر طريقة هذا العلاج ؟

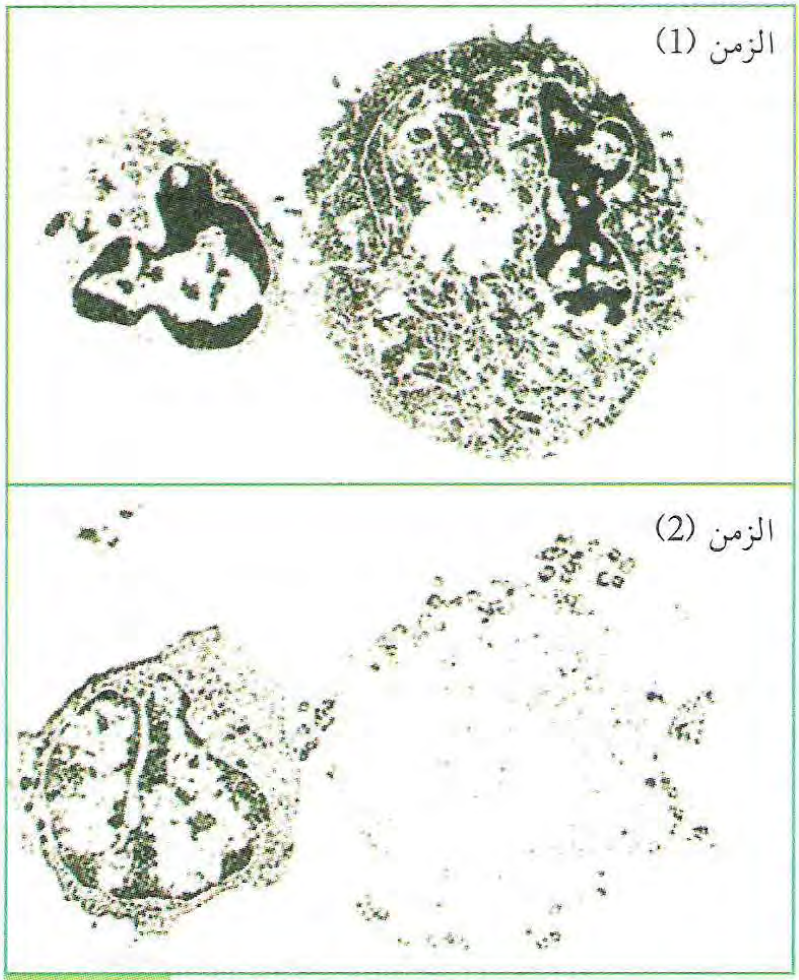
التمرين 4

أ) تظهر على بعض الأشخاص أمراض سرطانية. تتدخل العضوية لمكافحة هذه الخلايا السرطانية.

التجربة التالية تبين شروط ونتائج تجريبية:

نحقن خلايا سرطانية لفأر. بعد أسبوعين ننزع منه مستخلص طحالي من جهة، ومن جهة أخرى كمية من المصل، ونضع كل منهما في أنبوب اختبار مع خلايا سرطانية على التوالي.

الوثيقة (1) تبين صورة بالمجهر الإلكتروني لعينة مأخودة من الأنبوب الأول في زمنين مختلفين ز1 وز2.



الوثيقة (1)

1. حلل هذه النتائج محددا نوع الاستجابة المناعية.

2. بواسطة رسومات تخطيطية واضحة فسر النتائج الملاحظة في الوثيقة (1).

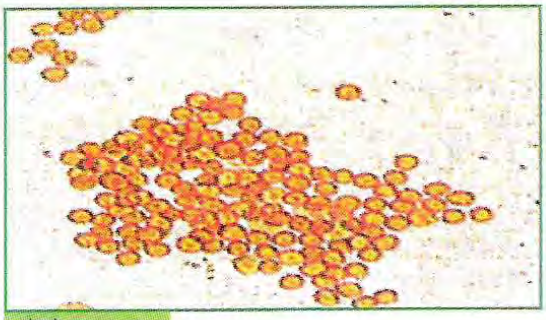
3. بين بمخطط تدخل الجزيئات الدفاعية من لحظة ظهور الخلايا السرطانية إلى ظهور النتائج الموضحة في الوثيقة (1).

التمرين 5

تعرض شخص لحادث أدى به إلى فقدان كمية من دمه فأصبح بحاجة ماسة إلى الدم لانقاذ حياته من الخطر فأجريت الدراسات التالية على دم مجموعة من الأشخاص:

- مزج قطرة دم شخص مع مصل شخص آخر على صفيحة زجاجية يؤدى إلى ارتصاص الكريات الدموية الحمراء مثل ما توضحه الوثيقة (1)

الجدول الموضح بالوثيقة (2) يبين نتائج مزج دم مع مصل لـ 10 أشخاص (الحالات التي يحدث فيها الارتصاص نرمز لها بإشارة (+) والخانات الفارغة تمثل خليط متجانس).



الوثيقة (1)

المصل / كريات حمراء	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		+	+		+	+	+	+	+	+
2					+	+		+	+	+
3					+	+		+	+	+
4		+	+		+	+	+	+	+	+
5										
6		+	+		+		+	+		+
7					+	+		+	+	+
8										
9		+	+		+		+	+		+
10										

الوثيقة (2)

1. فسر ظاهرة الارتصاص المبينة بالوثيقة (1) ؟

2. حدد الأشخاص الذين لديهم دم متماثل في الخواص ؟

تحتوي الكريات الدموية الحمراء للشخص 2 على سطحها مولدات الارتصاص A في حين الكريات الحمراء للشخص 6 تحمل مولدات ارتصاص B، منه زمرة دم الشخص 2 تدعى A وزمرة الشخص 6 تدعى B.

أ- كيف يمكن تفسير ارتصاص الكريات الحمراء للشخصين 2 و6 من طرف مصل الشخص 5 ؟

ب- ماذا تقول عن مصل الشخصين 2 و6 ؟

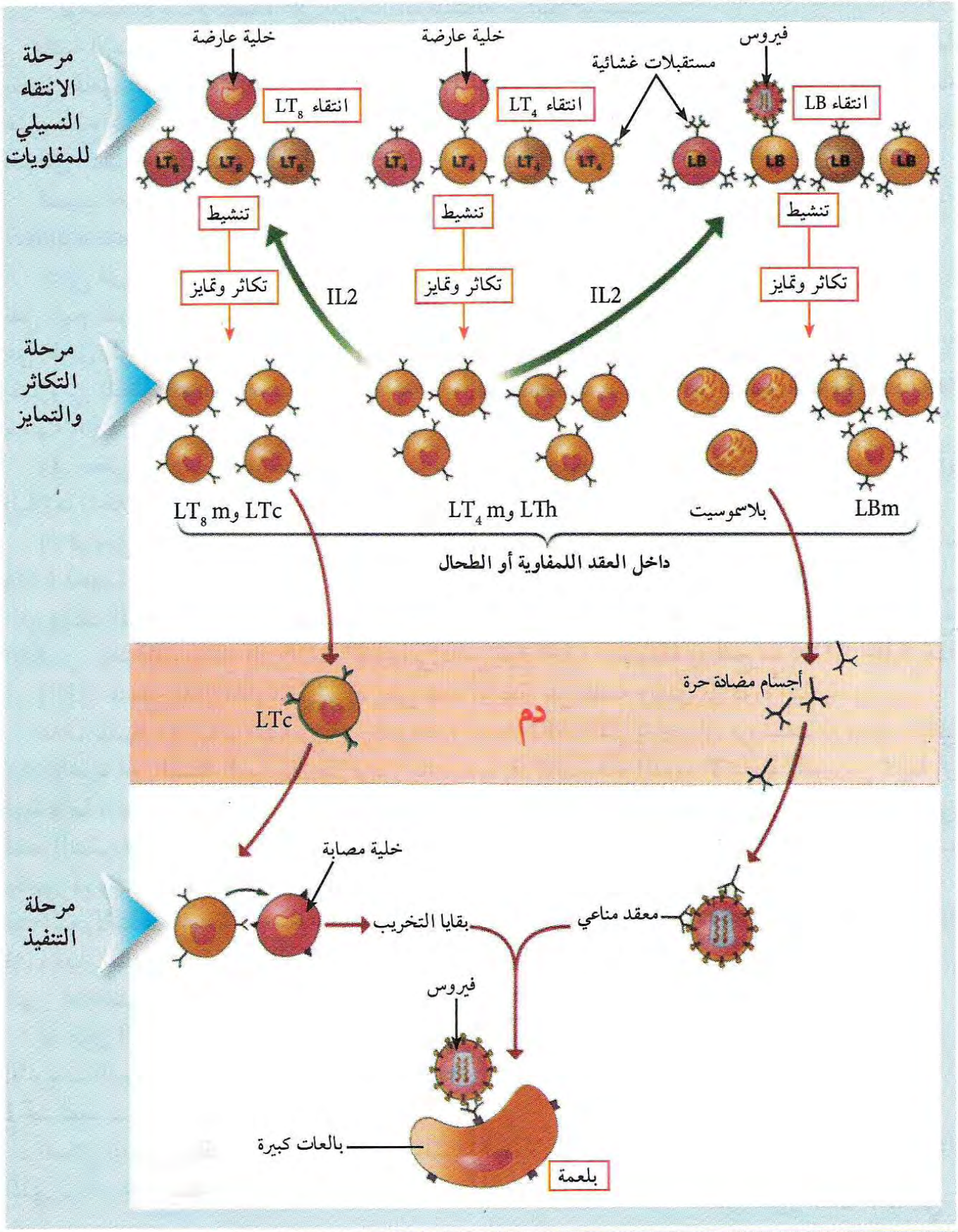
ج- الشخص 5 له زمر O والفرد 1 من زمرة AB هل يحملون أجسام مضادة A أو B، علل الإجابة معتمدا على نتائج الجدول ؟

3. بين في جدول مولدات ارتصاص الموجودة على الكريات الدموية الحمراء لكل الزمر الدموية (A وB وAB وO) وخواص المصل.

4. إذا علمت ان الشخص المصاب من زمرة O ما هو الدم المناسب له ؟ علل.

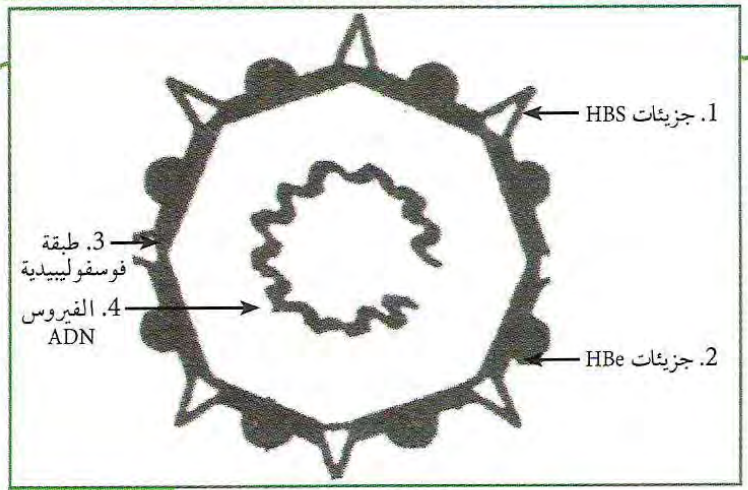
مخطط تحصيلي

يمثل المخطط التحصيلي التالي آلية الدفاع عن العضوية ودور البروتينات المناعية فيها.

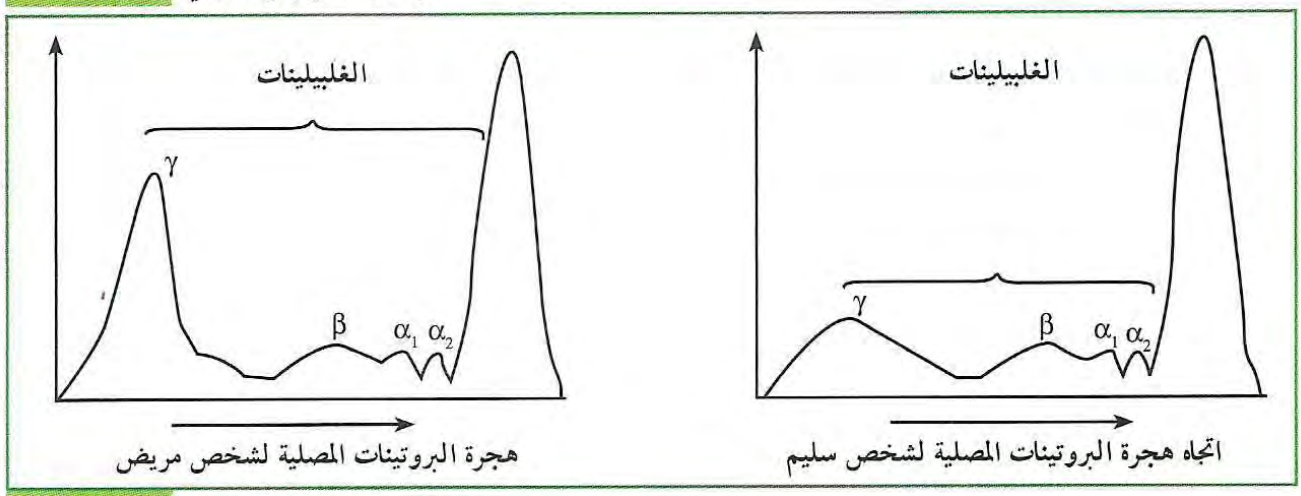


التمرين 6

تستعمل العضوية عند الإصابة بفيروس الإلتهاب الكبدي عدة آليات لاقصائه. الوثيقة (1) تبين بنية مبسطة للفيروس، أما الوثيقة (2) تبين نتائج فصل البروتينات المصلية بواسطة تقنية الهجرة الكهربائية لشخص سليم وآخر مصاب بالإلتهاب الكبدي.



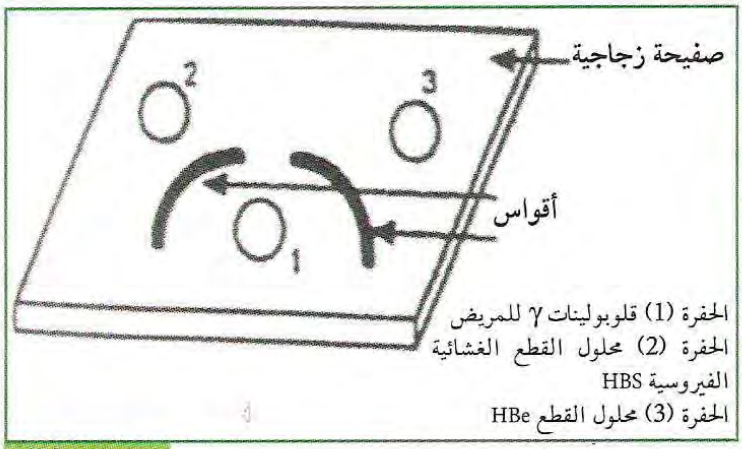
الوثيقة (1) تبين بنية الفيروس الكبدي



الوثيقة (2)

تستعمل تقنية الانتشار المناعي على الهلام لاظهار تخصص الاجسام المضادة اتجاه مولدات الضد، تتم خطوات التقنية حسب ما يلي:

إحداث حفر في مادة الهلام (الجيلوز) وتوضع في كل حفرة إما أجسام مضادة أو موليدات الضد الوثيقة (3) تبين شروط ونتائج التجربة.



الوثيقة (3)

1. حلل نتائج الوثيقة (2)،وماذا تستنتج؟

2. فسر برسومات تخطيطية النتائج المبينة في الوثيقة (3).

لمعرفة نوع التفاعل الذي يقصي الفيروس نحقق التجارب التالية:

التجربة 1: نستخلص بلعميات كبيرة (ب1) من عضوية شخص مصاب بالإلتهاب الكبدي ومن جهة أخرى نستخلص بلعميات كبيرة (ب2) من عضوية التوأم الحقيقي للشخص السابق غير مصاب بالإلتهاب الكبدي توضع هذه الخلايا في أوساط الزرع مع خلايا لمفاوية (B وT).

الشروط التجريبية ونتائجها يبينها جدول الوثيقة (4).

نوع الخلايا	1	2	3	4	5
الخلايا المزروعة	LT + 1ب	LB + 1ب	LB + LT	LB + LT + 1ب	LB + LT + 2ب
عدد الخلايا البلازمية	لا توجد	لا توجد	لا توجد	عديدة	لا توجد

الوثيقة (4)

1. حلل نتائج الوثيقة (4)، وماذا تستخلص ؟
2. ما هو الدور التي قامت به البلعميات الكبيرة (ب1) ولم تقم به (ب2)، علل الجواب.

التمرين 7

سأل تلميذ أستاذه كيف تستطيع الخلايا المناعية التمييز بين الخلايا المصابة والقضاء عليها وبين الخلايا السليمة والتسامح معها. لذا قدم الأستاذ سلسلة من التجارب استعملت فيها الخلايا المولدة للألياف كخلايا مضيفة (غريبة) منزوعة من سلالتين من الفئران H2d وH2K مصابة بفيروسين (ف1 وف2) وضعت هذه الخلايا مع خلايا لمفاوية منزوعة من طحال فئران السلالتين السابقتين المحقونة بالفيروسين السابقين (ف1 وف2).

الشروط التجريبية ونتائجها مبينة بجدول الوثيقة (1).

الفئران المعطية LTc	الزمن = 0 لحظة حقن الفيروسات	الزمن = 6 أيام بعد الحقن يتم نزع LTc	خلايا من نوع H2K مصابة (ف1)	خلايا من نوع H2K مصابة (ف2)	خلايا من نوع H2d مصابة (ف1)	خلايا من نوع H2d مصابة (ف2)
H2K	ف1	LTc	-	-	-	-
H2K	ف2	LTc	-	تحلل خلوي	-	-
H2d	ف1	LTc	-	-	تحلل خلوي	-
H2d	ف2	LTc	-	-	-	تحلل خلوي

الوثيقة (1)

1. ماهو مصير الفيروسات المحقونة في كل فأر ؟
2. ما هي المعلومة المستخرجة من مقارنة النتائج المحصل عليها مع اللمفاويات المأخوذة من H2K ؟
3. بين برسم تفسر فيه ما حدث بين الخلايا H2K وH2d المصابة (ف1)مع لمفاويات H2K المحقون بـ (ف1) ثم مع السلالة H2d المصابة بفيروس(ف1 وف2) مع لمفويات الفأر H2d المحقون بـ (ف2).
4. ماذا تستخلص فيا يخص تعرف الخلايا اللمفاوية على الخلية المصابة والقضاء عليها ؟

التمرين 8

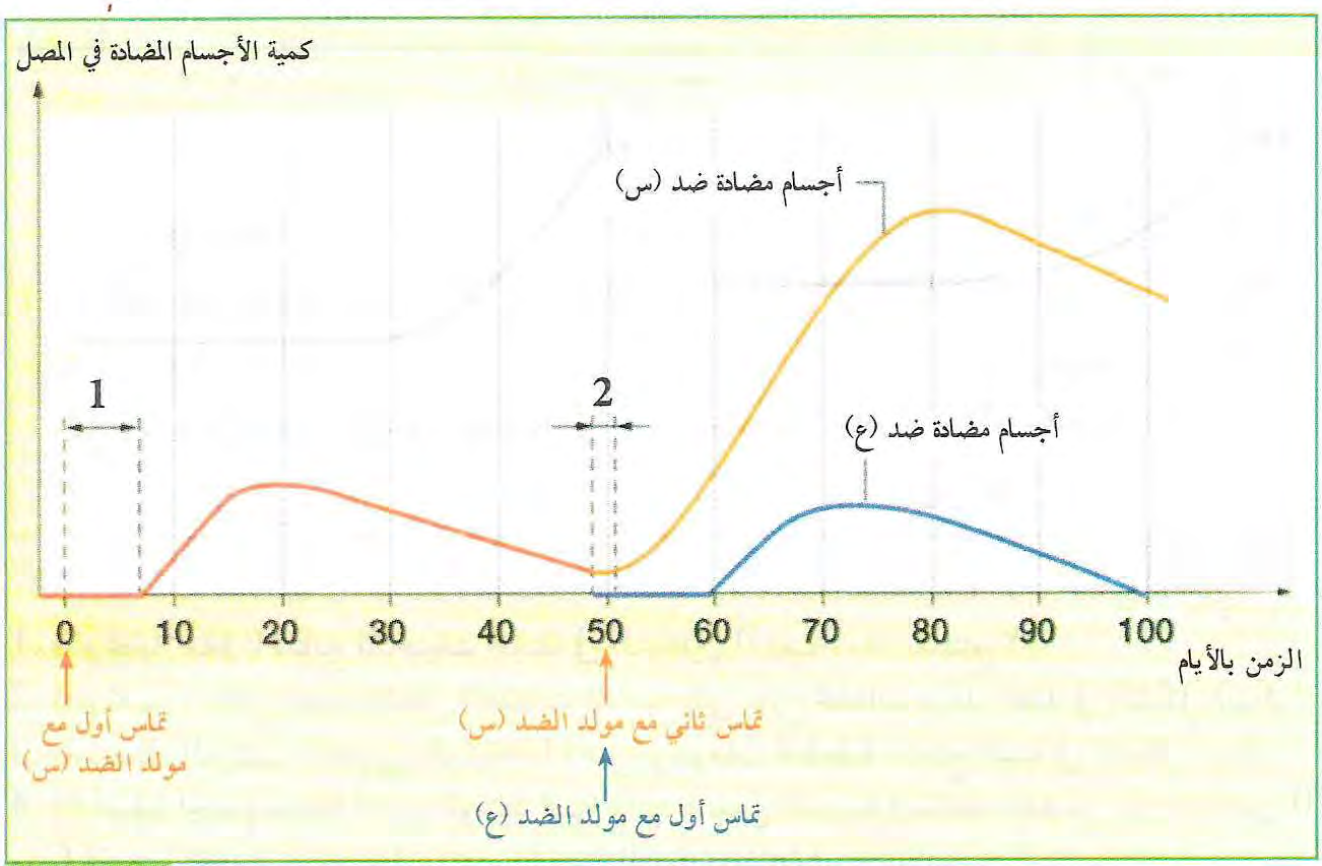
تتعرض العضوية لأمراض خطيرة، والشفاء منها يجنب العضوية خطورتها عند التعرض لها ثانية، مثل مرض الحصباء (la rougeole) ولدراسة هذه الخاصية نستعرض الوثائق التالية:

تمثل الوثيقة (1): مقال علمي حول الموضوع.

في سنة 1781 ظهر وباء الحصباء (la rougeole) في جزيرة فيريو (Féroé) ثم اختفى لمدة 65 سنة وعند ظهوره ثانية أصاب 75% إلى 79%من سكان الجزيرة.
في هذه الأثناء لاحظ الطبيب الدانماركي L-Panum ما يلي:
عدم إصابة أي شخص مسن تعرض للمرض سنة 1781 عكس المسنون الذين لم يتعرضوا للمرض من قبل.

الوثيقة (1)

وتمثل الوثيقة (2) تطور كمية الأجسام المضادة في المصل إثر الإصابة بمولدي الضد (س وع).



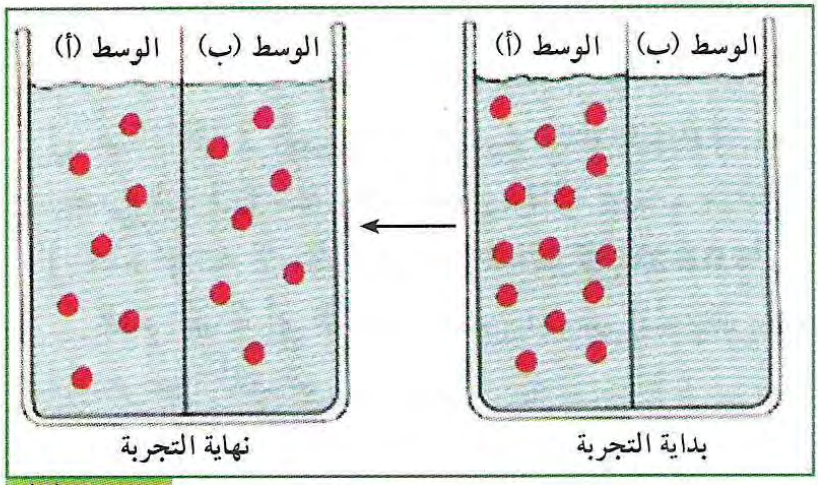
الوثيقة (2)

1. استخرج مميزات الاستجابة الثانوية مقارنة بالاستجابة الأولية من نتائج الوثيقة (2).
2. هل هذه الخصائص تسمح بشرح ملاحظة الطبيب L-Panum في الوثيقة (1)، وضح ذلك.

التمرين 9

لتوضيح بعض خصائص الأجسام المضادة نقدم التجربة التالية:

الوثيقة (1) تمثل تركيب تجريبي حيث الوسطين (أ وب) مفصولين بغشاء نفوذ لمحددات مولد الضد وغير نفوذ للأجسام المضادة.



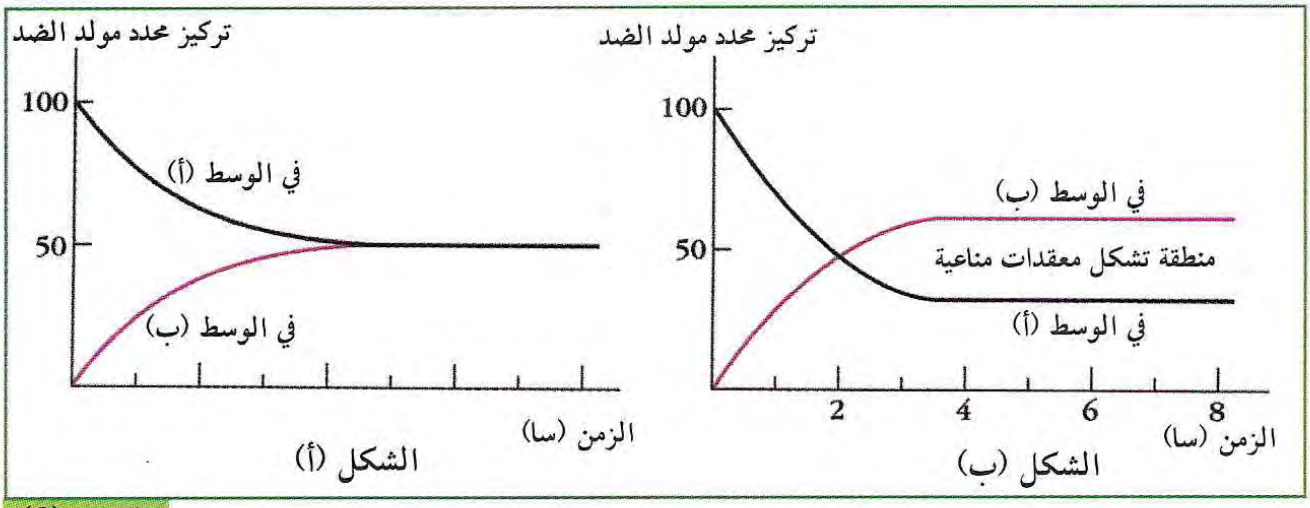
الوثيقة (1)

1) نضع في الوسط (أ) محددات مولد الضد، ثم نعاير في نهاية التجربة محددات مولد الضد الحرة في كلا الوسطين.

النتائج موضحة في الشكل (أ) من الوثيقة (2).

2) نضع أجسام مضادة لمحدد مولد الضد السابق في الوسط (ب) ونعيد نفس التجربة السابقة.

النتائج موضحة في الشكل (ب) من الوثيقة (2)



الوثيقة (2)

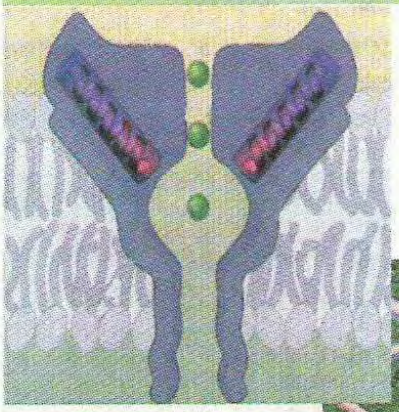
1. قدم تحليلا مقارنا لنتائج المنحنيات الممثلة في الشكلين (أ وب)، ماذا تستنتج ؟
2. قدم تفسيرا لتأثير منطقة تشكل المعقدات المناعية على توزع محددات مولد الضد في الشكل (ب).
3. باستعمال التركيب التجريبي للوثيقة (1) مثل برسومات تخطيطية النتائج المبينة في الشكل (ب).
4. إذا أضفنا أجسام مضادة أخرى للوسط (ب) وأعدنا نفس التجربة السابقة، حدد من بين الشكلين (أ وب) المنحنى المحصل عليه، علل. ماهي الخاصية التي تم إبرازها في هذه التجربة ؟

الوحدة 5

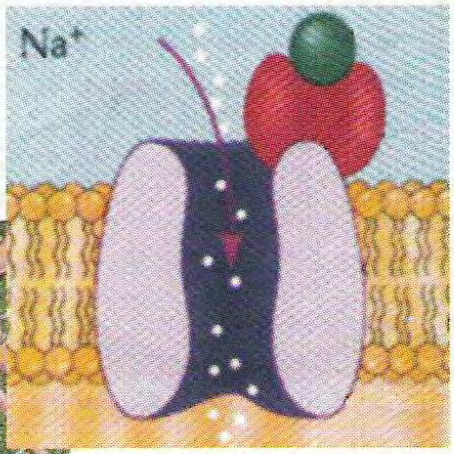
دور البروتينات في الإتصال العصبي

للبروتينات دورا أساسيا في حياة العضوية فزيادة على دورها التركيبي أو الهدمي كالانزيمات، تلعب البروتينات كذلك دورا في الدفاع على العضوية وحمايتها، كما تلعب دورا مهما في النقل العصبي.

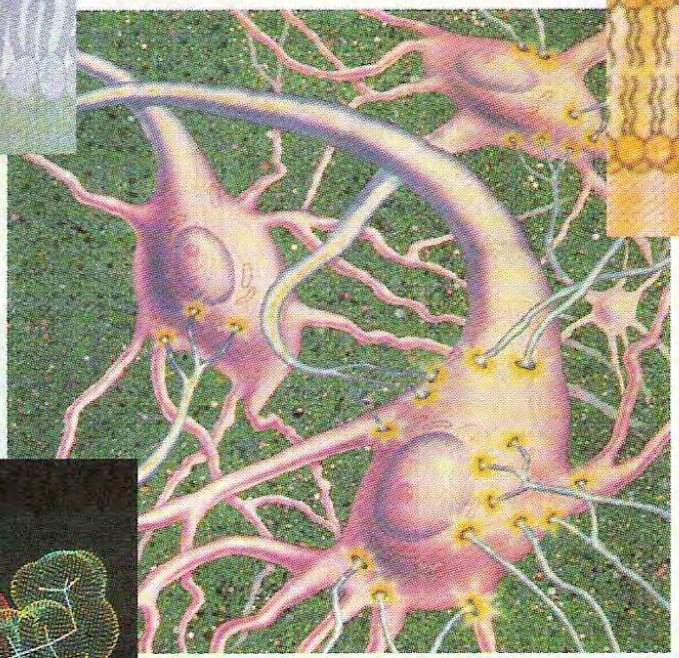
➢ كيف تعمل هذه البروتينات في الاتصال العصبي ؟



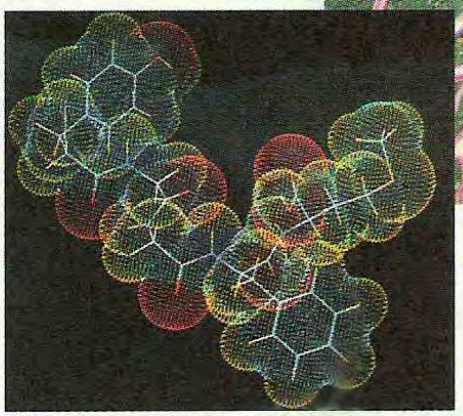
رسم تخطيطي لقناة بروتينية K^+



رسم تخطيطي لقناة بروتينية كيميائية



رسم تخطيطي لمشابك عصبية



جزيئة مبلغ كيميائي

عناصر الوحدة

1. تذكير بالمكتسبات
2. آلية النقل المشبكي
3. كمون الراحة
4. كمون العمل
5. آليات الإدماج العصبي
6. تأثير المخدرات على مستوى المشابك

النشاط 1

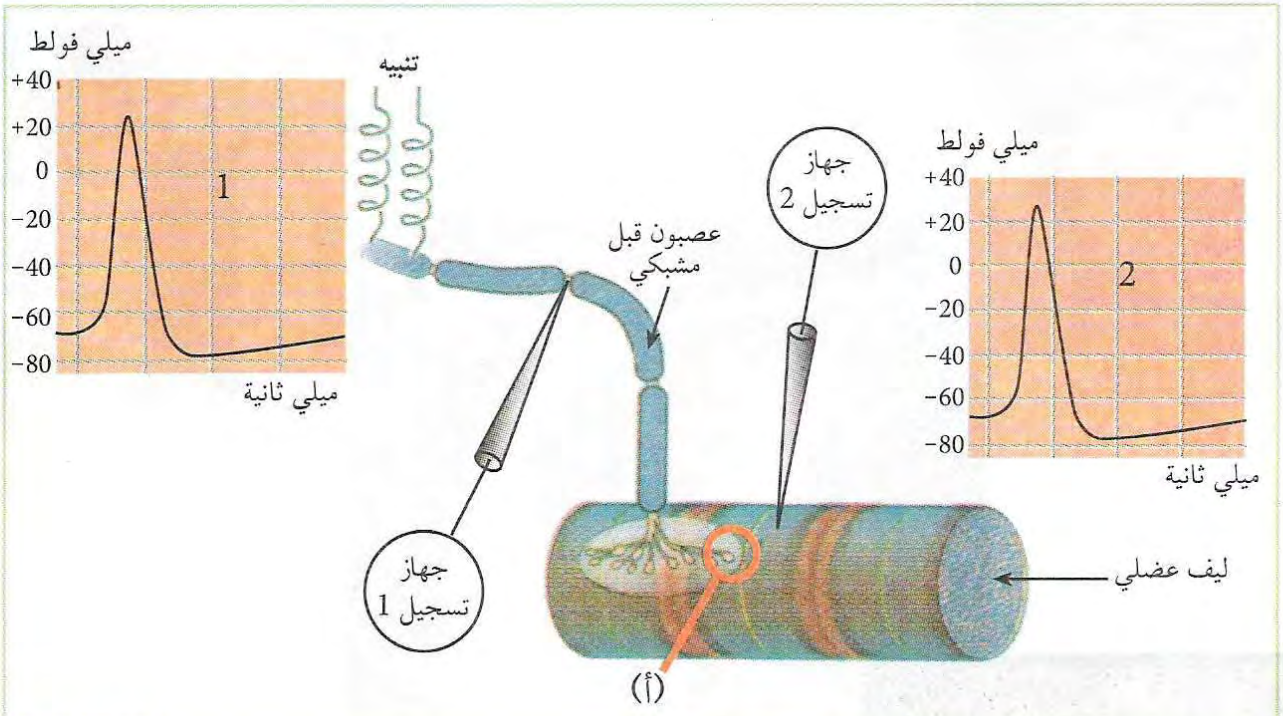
تذكير بالمكتسبات

يؤدي المنعكس العضلي إلى تدخل العناصر التشريحية التالية:
مستقبلات حسية، عصبونات حسية جابذة نحو المركز العصبي، عصبونات نابذة محركة، عضلات منفذة، تتصل هذه العناصر فيما بينها بواسطة مشابك.

➢ كيف تنتقل السيالة العصبية في مستوى المشابك من الخلية قبل المشبكية إلى الخلية بعد مشبكية ؟

❶ عواقب تنبيه ليف عصبي قبل مشبكي

تمثل الوثيقة (1) رسما تخطيطيا لتركيب تجريبي مكننا من تسجيل منحنيات الشكل (1 و2) إثر تنبيه الليف العصبي قبل مشبكي تنبيها فعالا.

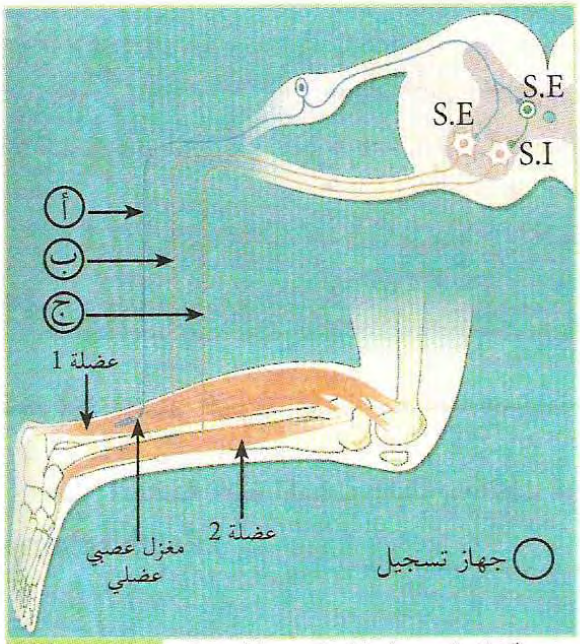


الوثيقة (1)

1. سم التسجيلين 1 و2 من الوثيقة (1) ؟ ثم تعرف على البنية (أ)، مبينا تركيبها.
2. ينتج عن تنبيه الليف العصبي قبل المشبكي تعاقب ظواهر كهربائية وكميائية قبل تقلص الليف العضلي: أ- رتب هذا التعاقب ثم حدد مقره.
ب- استنتج دور البنية (أ) في هذا التعاقب.
3. ماذا تستخلص من دراستك لهذه التجربة ؟

❷ مسار السيالة العصبية أثناء المنعكس العضلي

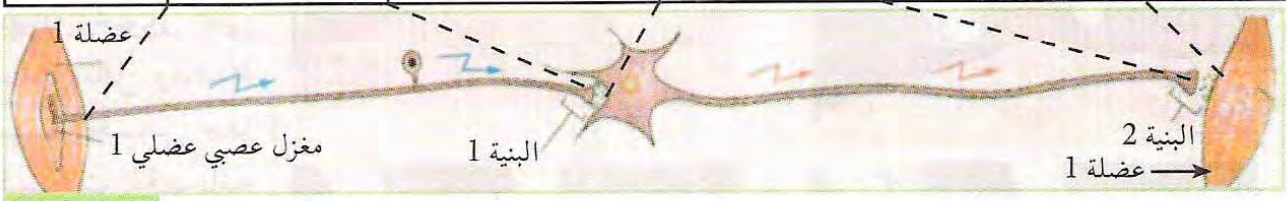
تمثل الوثيقة (2) مسار السيالة العصبية في المنعكس العضلي، بينما تمثل الوثيقة (3) رسما تفسيريا لمسار السيالة العصبية المتولدة في المغزل العصبي العضلي للعضلة 1 والعودة إليها (للتوضيح مثلت العضلة 1 مرتين).



رسم تخطيطي يمثل المنعكس العضلي **الوثيقة (2)**

1. بالاعتماد على معلوماتك ونتائج الوثيقة (2):
   أ- مثل التسجيلات الكهربائية المحصل عليها في الأجهزة (أ، ب، ج).
   ب- تعرف على البنيات المشار إليها بـ: SE، SI.
2. حدد دور المركز العصبي في هذه الحالة.
3. بالاعتماد على جوابك السابق ومعطيات الوثيقة (3)، املأ الجدول المرفق بما يناسب من المعلومات.

استجابة العضلة 1	انتقال الرسالة العصبية في مستوى البنية 2	اتجاه السيالة العصبية وطبيعتها	انتقال الرسالة العصبية في مستوى البنية 1	اتجاه السيالة العصبية وطبيعتها	تنبيه المغزل (العضلة 1)



مسار السيالة العصبية الوثيقة (3)

* بناء على ما سبق مثل تخطيطيا كيفية انتقال الرسالة العصبية على مستوى المشابك محددا دور المراكز العصبية في ذلك ؟

النشاط 2

آلية النقل المشبكي

تنتقل الرسالة العصبية على مستوى المشابك الكيميائية بفضل المبلغات الكيميائية مثل الأستيل كولين إثر تنبيه فعال للغشاء قبل مشبكي.

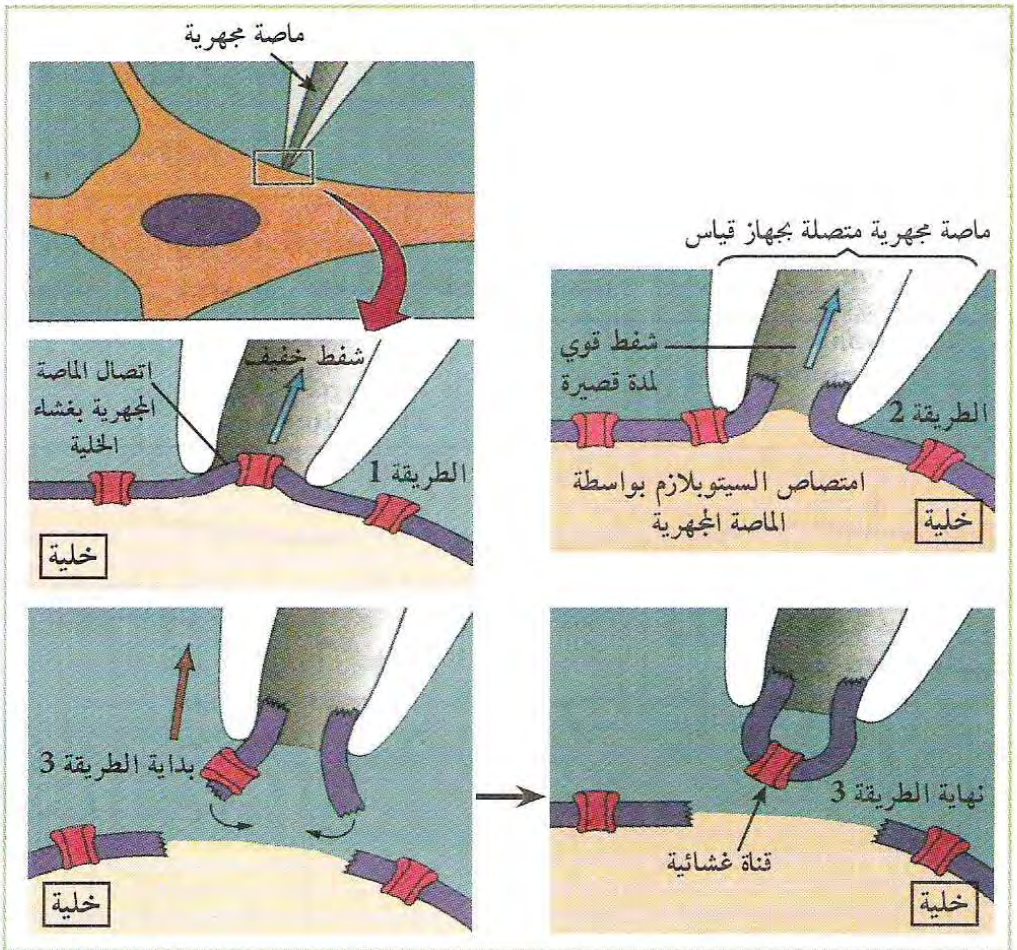
➢ لكن كيف تؤثر هذه المبلغات الكميائية ؟ وما هي التغيرات التي تسببها على مستوى غشاء الخلية البعد مشبكية ؟

❶ مصدر كمون العمل

طوّر العلماء عدة تقنيات دقيقة مكنتهم من معرفة مصدر كمون العمل، من بين هذه التقنيات تقنية Patch-clamp.

أ) مبدأ التقنية:

تسمح هذه التقنية بعزل جزء صغير من الغشاء الهيولي أو فصله كلية عن الخلية بواسطة ماصة زجاجية مجهرية تحتوي على سائل ناقل ومتصلة بجهاز حساس جدا للتيارات الكهربائية كما هو موضح بالطرق (1، 2، 3) من الوثيقة (1).



الوثيقة (1)

➢ بالاعتماد على أشكال الوثيقة (1):

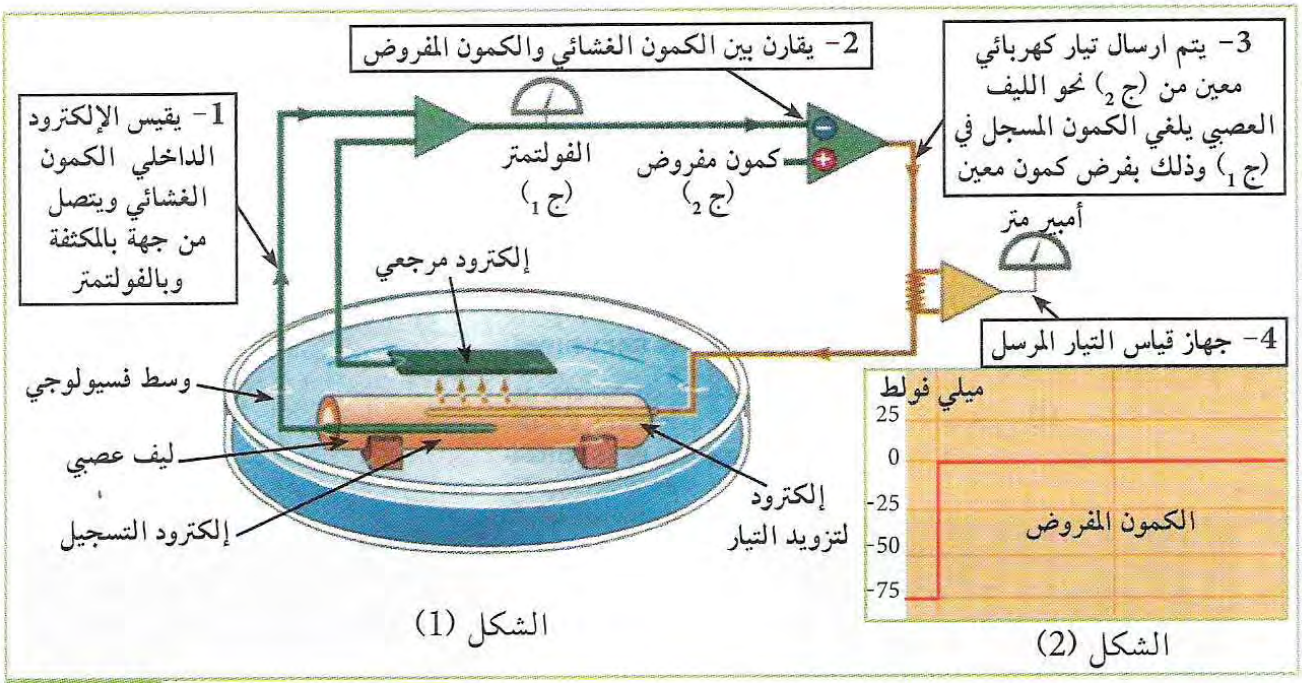
- استخرج الطرق المختلفة لعزل الغشاء بهذه التقنية مبينا الاختلاف بينها.

ب) تقنية تطبيق كمون مفروض على غشاء الليف العصبي:

تمثل الوثيقة (2) التركيب التجريبي لتقنية قياس وفرض كمون معين على جانبي غشاء الليف العصبي للكالمار حيث: - الشكل 1 تقنية فرض الكمون.

- الشكل 2 نتيجة الكمون المفروض.

تنبيه: نفس المبدأ يطبق على جزء من الغشاء عزل بالتقنية السابقة.



الوثيقة (2)

بالاعتماد على معطيات الوثيقة (2):

1. بين كيفية فرض كمون معين على غشاء الليف العصبي.
2. حدد قيمة الكمون المطبق المفروض على الغشاء.

معلومات مفيدة

- تقنية **Patch-Clamp**: اخترعت هذه التقنية في السبعينات و سمحت بإعطاء معلومات قيمة حول القنوات الغشائية المسؤولة عن توليد الكمون إثر تنبيه الخلية مباشرة أو انتقال النبأ إليها، تسمح هذه التقنية بعزل جزء من الغشاء يحتوي قناة واحدة أو أكثر دراسة التيارات الكهربائية الناتجة عن عملها.
- **Patch**: معناها بالإنجليزي قطعة.
- **Clamp**: معناها بالإنجليزي حصر - فرض (impose).

قدمت جائزة نوبل سنة 1991 لمخترعي هذه الطريقة وهما العالمين Neher et Sakmann.

- يستعمل الليف العصبي للكلمار في التجارب للخصائص التالية:

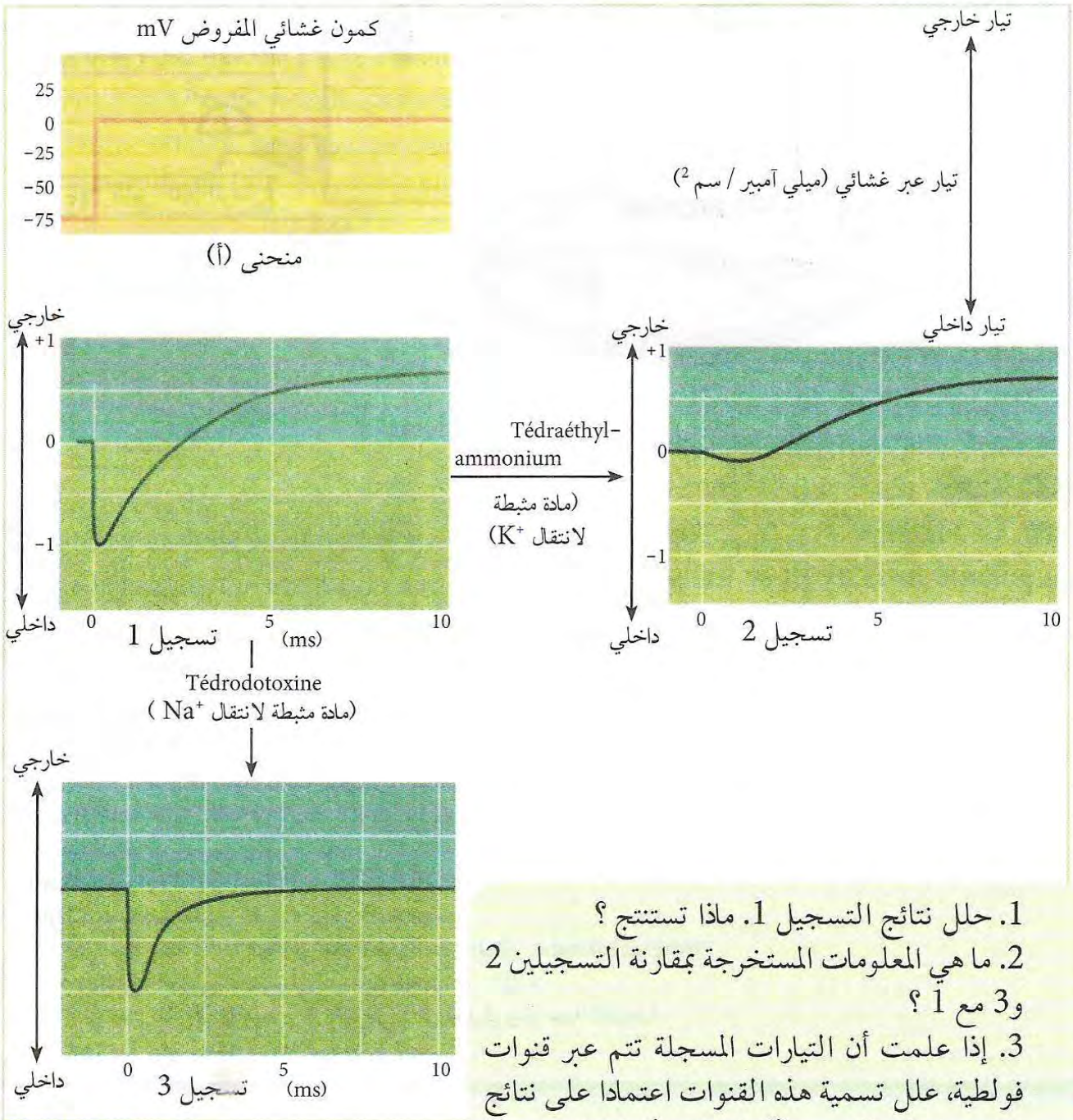
قطره يصل إلى 1000 ميكرو متر (عوض 1 إلى 3 ميكرومتر عند الثدييات).

يبقى حيا لعدة ساعات في ماء البحرخارج الجسم.

ج) مصدر كمون العمل في الغشاء قبل المشبكي:

* نعزل جزء من غشاء العصبون قبل المشبكي الذي يحتوي على نوعين من القنوات بطريقة Patch Clamp ونخضعه لكمون اصطناعي مفروض يحول الكمون الغشائي إلى 0 mv مثل ما هو مبين في المنحنى (أ)، ثم نسجل التيارات التي تعبر الغشاء ضمن ظروف معينة النتائج ممثلة في تسجيلات الوثيقة (3): - التسجيل (1) حالة عادية، أثناء تطبيق الكمون المفروض.

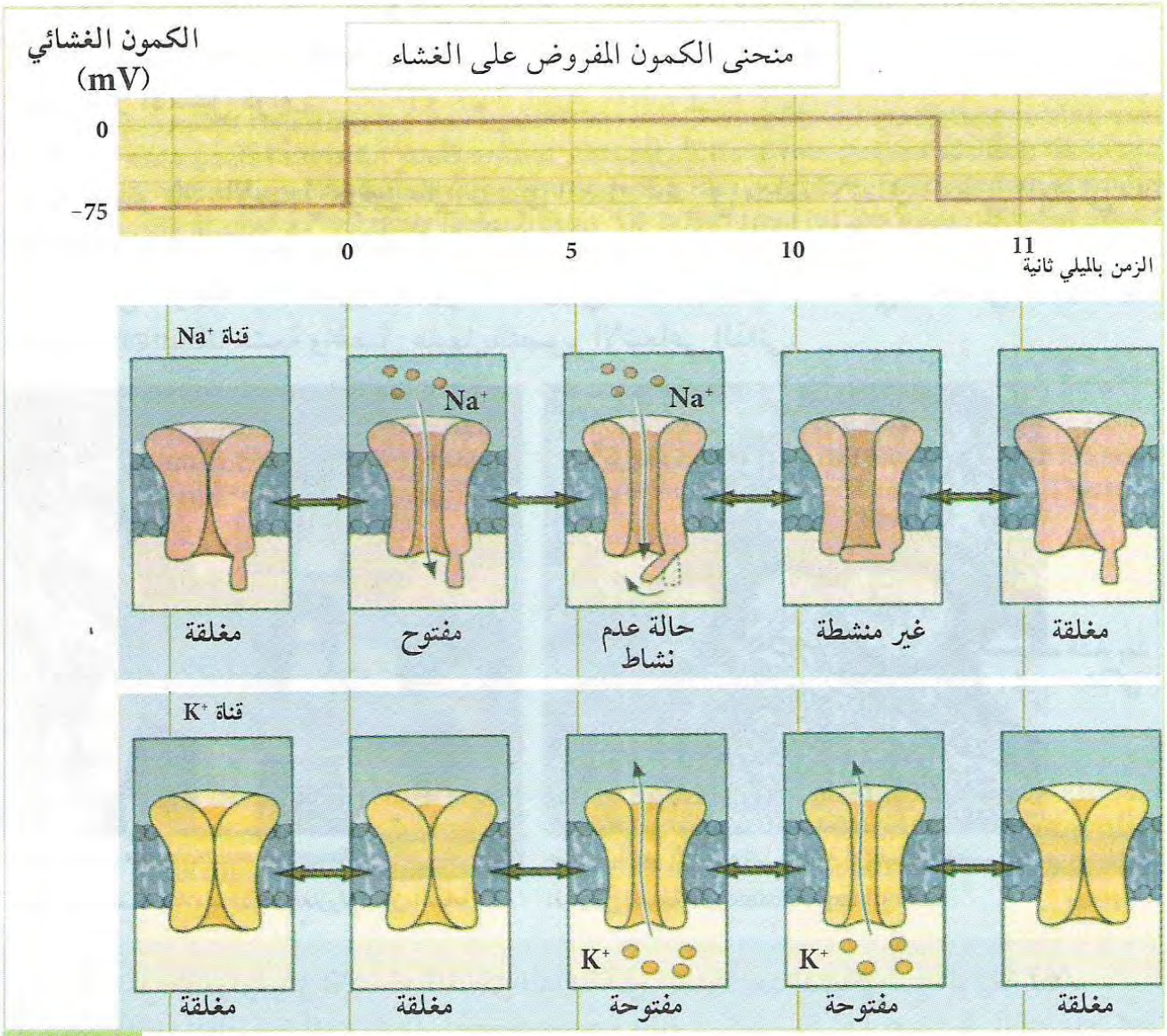
- التسجيل (2) عند إضافة مادة مثبطة لانتقال Na^+.
- التسجيل (3) عند إضافة مادة مثبطة لانتقال K^+.



الوثيقة (3)

1. حلل نتائج التسجيل 1. ماذا تستنتج ؟
2. ما هي المعلومات المستخرجة بمقارنة التسجيلين 2 و3 مع 1 ؟
3. إذا علمت أن التيارات المسجلة تتم عبر قنوات فولطية، علل تسمية هذه القنوات اعتمادا على نتائج التسجيل 1 والمنحنى (أ)، ثم حدد أنواعها

* لمعرفة آلية عمل القنوات المرتبطة بالفولطية، نقدم لك أشكال الوثيقة (4).



الوثيقة (4)

1. بالاعتماد على أشكال الوثيقة (4) اشرح تأثير الكمون المفروض (المطبق) على هذه القنوات.
2. هل نتائج الوثيقة (4) تعلل التسجيل 1 من الوثيقة (3) ؟ وضح.

* انطلاقا من دراستك السابقة استخرج إذن مصدر كمون العمل المسجل في منحنى (1) من النشاط (1) في الوثيقة (1) (صفحة 128).

معلومات مفيدة

- **القنوات الفولطية**: تدعى كذلك بالقنوات المبوبة كهربائيا

د) مصدركمون العمل في الغشاء بعد المشبكي:

ينتقل كمون العمل من الخلية قبل مشبكية إلى الخلية بعد مشبكية بفضل مبلغات كيميائية مثل الأستيل كولين. التجارب التالية تبين مقر تأثيرها والتغيرات الناجمة عنها.

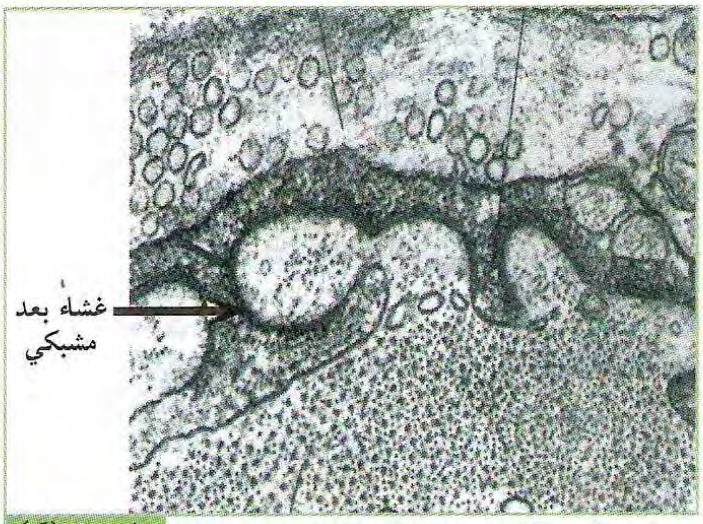
*** مقر تأثير الأستيل كولين:**

تجربة 1:

لمعرفة مقر تأثير الأسيتيل كولين على مستوى المشبك نحقن في منطقة الاتصال العصبي العضلي مادة αbungarotoxine مشعة مستخلصة من الثعبان المبين في صورة الوثيقة (5).

تمثل الوثيقة (6) صورة بالمجهر الالكتروني لمنطقة الاتصال العصبي العضلي المعالجة بمادة αbungarotoxine مشعة والمحصل عليها بالتصوير الاشعاعي الذاتي.

صورة الثعبان *Bungarus multicinctus* الوثيقة (5)
الذي استخلصت منه مادة الألفا بنغاروتوكسين السامة



صورة بالمجهر الإلكتروني لمنطقة الإتصال العصبي العضلي المعالجة بمادة αbungarotoxine المشعة الوثيقة (6)

1. علل ظهور وتمركز الإشعاع (المناطق الداكنة) في الغشاء بعد المشبكي من الوثيقة (6).
2. إذا أعدنا التجربة السابقة بحقن αbungarotoxine، ثم نحقن الأستيل كولين في الشق المشبكي، فإننا لا نسجل كمون عمل في الخلية بعد المشبكية، بينما نسجل كمون عمل في غياب السم في تجربة مماثلة.
   - ما هي المعلومة المستخرجة من نتائج هذه التجربة.
3. علل سبب شلل فرائس الثعبان المحقونة بالـ αbungarotoxine انطلاقا من النتائج السابقة.

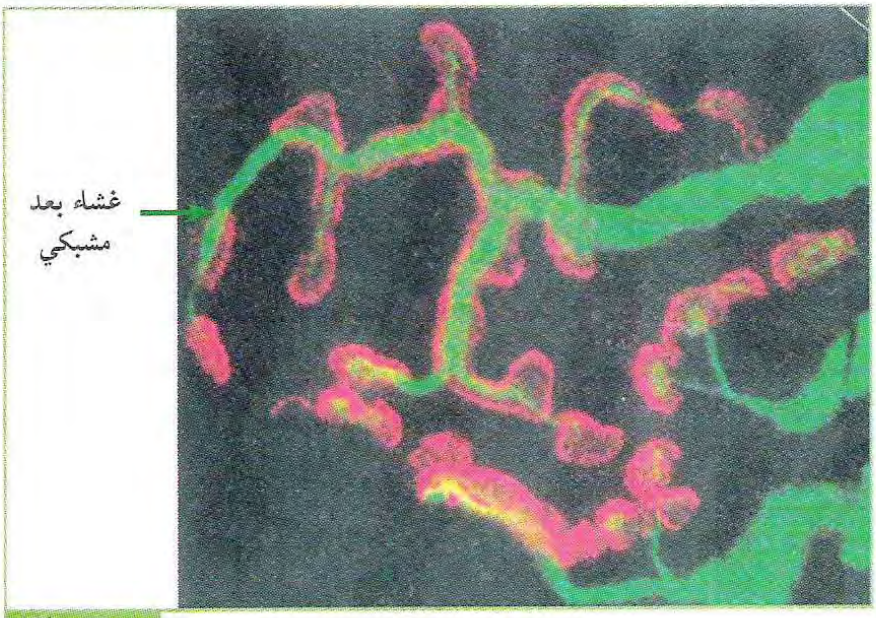
معلومات مفيدة

- مادة αbungarotoxine: مادة سامة تستخلص من سم نوع من الثعابين حيث يحقن هذا الثعبان سمه في الفريسة المصطادة فتسقط مشلولة.

سمح استعمال هذه المادة من طرف العلماء باستنتاج كيفية تأثير الأستل كولين على الغشاء بعد مشبكي

تجربة 2:

تسمح تقنية الفلورة المناعية، بالتحقق من المعلومة التي توصلت إليها سابقا، وذلك عن طريق ملاحظة غشاء بعد مشبكي معامل بأجسام مضادة مفلورة بالأحمر ضد مستقبلات الأستيل الكولين. النتائج ممثلة في الوثيقة (7).



الوثيقة (7)

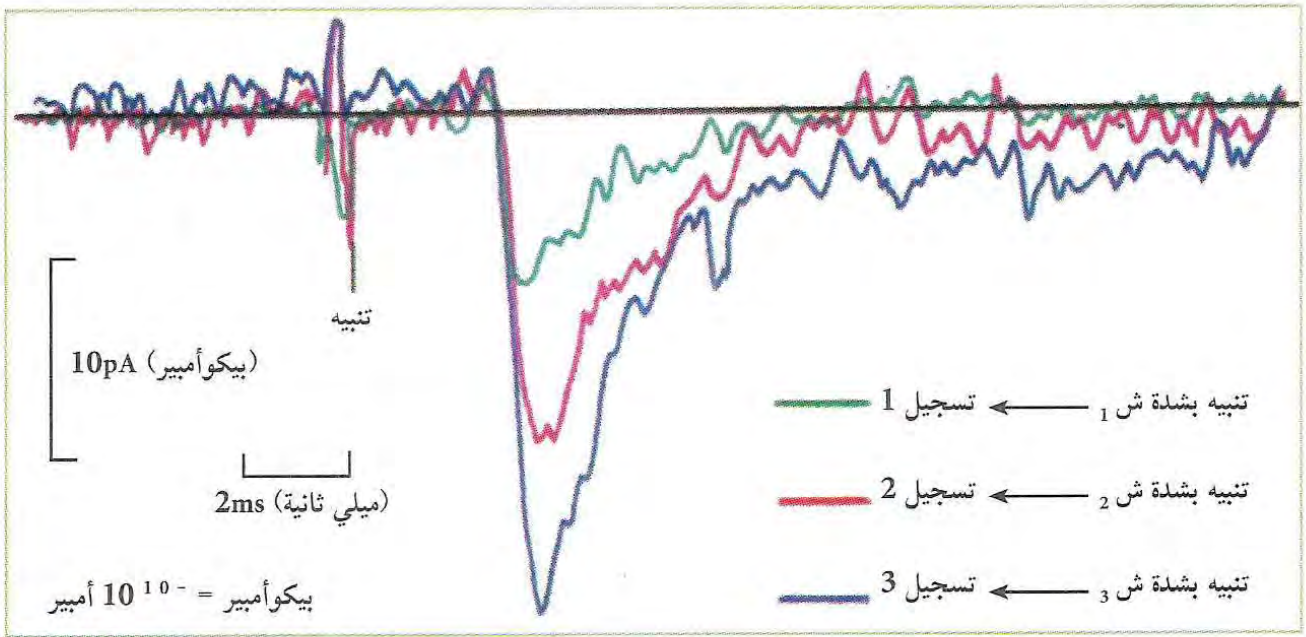
- هل تسمح لك نتائج هذه الملاحظة بالتأكد من المعلومة السابقة ؟ علل.

❷ تأثير الأستيل كولين

مصدر النبضات الكهربائية:

المرحلة 1:

تمثل الوثيقة (8) تسجيلات التيارات المتولدة على مستوى جزء من الغشاء بعد المشبكي المعزول بتقنية Patch Clamp إثر تنبيه متزايد الشدة لغشاء قبل مشبكي، علما أن حقن كميات متزايدة من الأستيل كولين في الشق المشبكي تعطي نفس النتيجة.



الوثيقة (8)

- حلل نتائج تسجيلات الوثيقة (8)، ماذا تستنتج ؟

المرحلة 2:

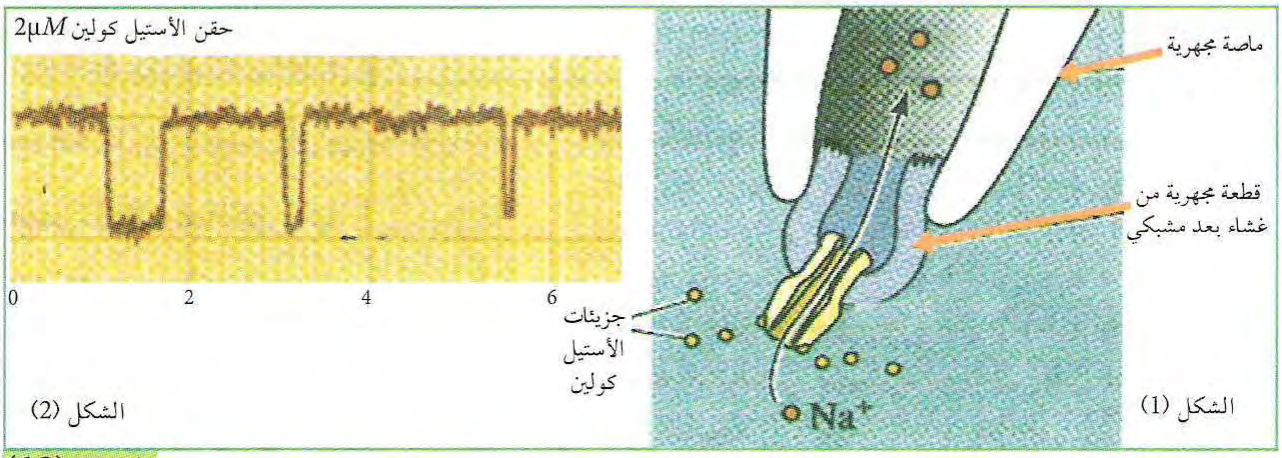
أ) نعزل قطع من غشاء بعد مشبكي التي تتحوصل تلقائيا ثم نحقنها بشوارد Na^+ المشع ونضعها في وسط ملائم لا يحتوي على شوارد Na^+ المشعة.

الوثيقة (9) تبين المعطيات التجريبية ونتائجها.

ب) تمثل الوثيقة (10) قطعة مجهرية لغشاء بعد مشبكي معزولة بتقنية Patch Clamp الشكل (1). حيث الماصة المجهرية المتصلة بجهاز التسجيل تمكننا من تسجيل منحنيات الشكل (2) إثر حقن 2 ميكروغرام من الأستيل كولين.

المعطيات التجريبية	النتائج
قبل إضافة الأستيل كولين للوسط	انعدام الاشعاع في الوسط
إضافة الأستيل كولين للوسط بكميات متزايدة	ظهور الاشعاع بكميات متزايدة في الوسط

الوثيقة (9)

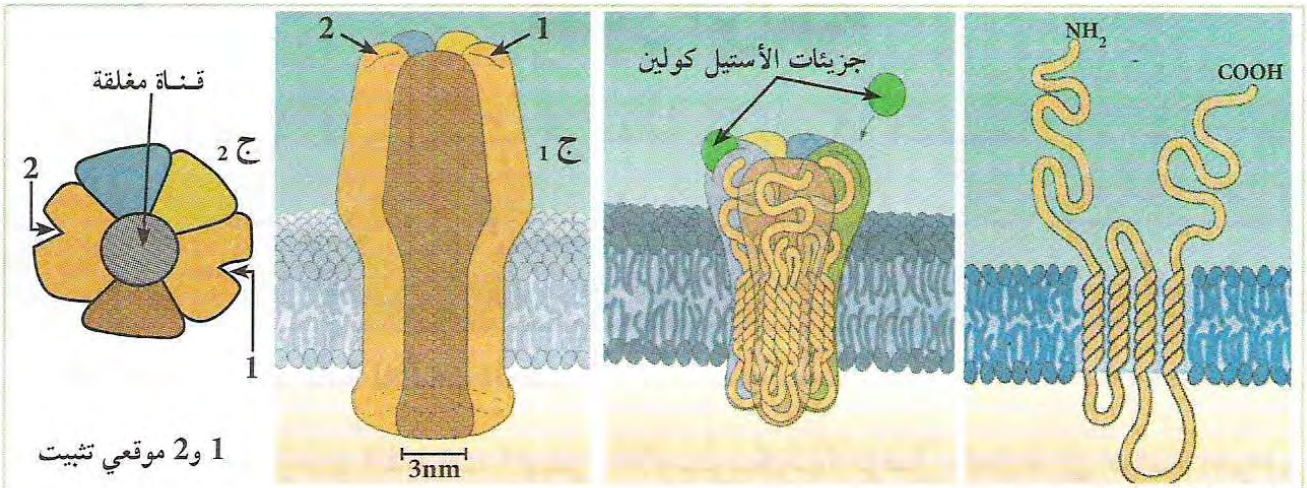


الوثيقة (10)

1. حلل نتائج جدول الوثيقة (9). ماذا تستنتج ؟
2. بالربط بين نتائج الوثيقة (9) والشكل (1) من الوثيقة (10)، اشرح مصدر نبضات التيارات المسجلة في الشكل (2) من الوثيقة (10).

❸ أ) بنية المستقبلات الغشائية للأستيل كولين

تمثل أشكال الوثيقة (11) الشكل (أ) إحدى تحت الوحدات البنائية المكونة للمستقبل الغشائي للأستيل كولين، والشكل (ب)يبين البيبة الفراغية ثلاثية الأبعاد للمستقبل الغشائي للأستيل كولين، بينما الشكل (ج) فيمثل رسم تخططي للمستقبل الغشائي السابق ورسم توضيحي لمنظره العلوي.



الشكل (أ): إحدى تحت الوحدات البنائية المكونة للمستقبل الغشائي للأستيل كولين

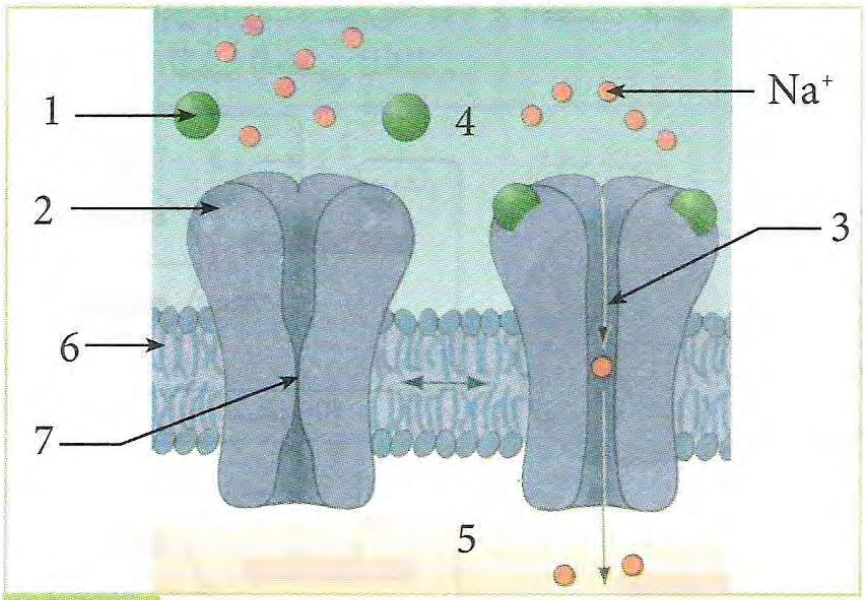
الشكل (ب): البنية الفراغية لمستقبل الأستيل كولين الغشائي

الشكل (ج): منظر جانبي للمستقبل الغشائي (ج $_1$) ومنظره العلوي (ج $_2$)

الوثيقة (11)

1. بالاعتماد على الشكلين (أ) و(ب) من الوثيقة (11) صف بنية المستقبل الغشائي للأستيل كولين، ثم حدد طبيعته الكميائية.
2. ما هي المعلومة الإضافية التي يقدمها لك الرسمين الممثلين بالشكل (ج) ؟

ب) عمل المستقبلات الغشائية للأستيل كولين



الوثيقة (12)

تبين الوثيقة (12) حالة المستقبلات الغشائية في وجود وغياب الأستيل كولين.

1. ضع البيانات المرقمة.
2. بالاعتماد على شكلي الوثيقة (12):
   - بين كيف تعمل هذه المستقبلات على مراقبة التدفق الداخلي لشوارد الصوديوم.
3. علل إذا تسمية هذه القنوات بالقنوات الكيميائية.

* قارن بين القنوات الفولطية والكيميائية، ثم بين دورهما.
* مثل برسم تخطيطي دور المستقبلات الغشائية للأستيل كولين في حالة المنعكس العضلي.

النشاط 3

كمون الراحة

الألياف العصبية الحسية والحركية هي دعامة نقل الرسائل العصبية.

- **ما هي الخاصية التي تتميز بها هذه الألياف ؟ وما دور البروتينات الغشائية في ذلك ؟**
- **ما هي الآليات الأيونية المسؤولة عن هذه الخاصية ؟**

❶ الخواص الكهربائية للألياف العصبية

باستعمال جهاز راسم الذبذبات المهبطي (الأوسلوسكوب) توصل العلماء إلى دراسة الخواص الكهربائية لليف العصبي.

مبدأ استعمال جهاز الأوسلوسكوب والتسجيلات الكهربائية:

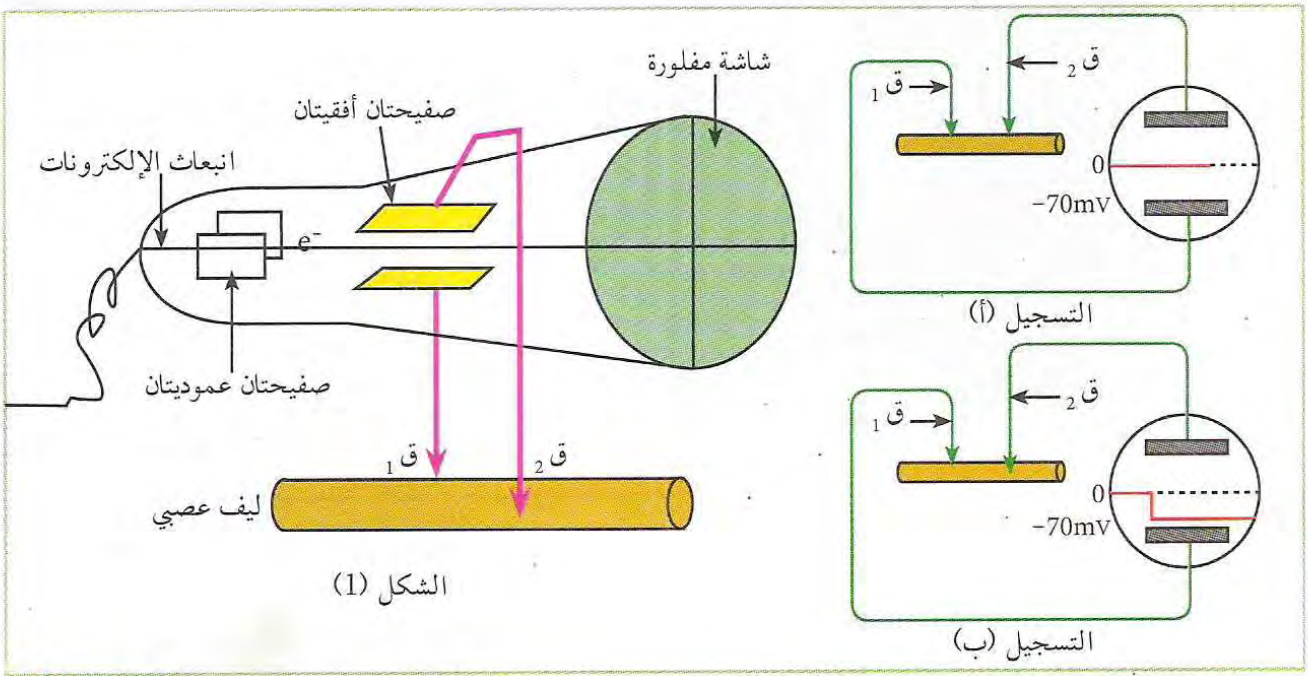
أ) مبدأ استعمال الجهاز:

تنبعث إلكترونات من المنبع الالكتروني لتمر بين صفيحتين عموديتين وصفيحتين أفقيتين لتسقط على شاشة مفلورة مشكلة نقطة ضوئية على مستوى الصفر إذا لم تنحرف الإلكترونات أثناء مسارها.

تتصل الصفيحتان الأفقيتان بمسريي استقبال ق $_1$ وق $_2$ وأي تغير لشحنة المسريين يؤدي إلى تغير شحنة الصفيحة الموافقة، وبالتالي تغير مسار الالكترون لتسجل المنحنيات على الشاشة. أما الصفيحتان العموديتان فتعطيان المسح الأفقي الذي يشير إلى الزمن، أنظر الشكل (1) للوثيقة (1).

ب) التسجيلات الكهربائية:

التسجيلين (أ وب) للوثيقة (1) تم الحصول عليهما بوضع مسريي استقبال ق $_1$ وق $_2$ في موضعين مختلفين من الليف العصبي للكالمار.



الوثيقة (1)

1. بالاعتماد على مبدأ استعمال الجهاز حدد الإشارات الكهربائية لكل من ق $_1$ وق $_2$ في التسجيلين (أ وب) من الوثيقة (1).
2. استخلص مما سبق نوعية الشحنات الموجودة على السطح الداخلي والخارجي لغشاء الليف.
3. استخرج الخاصية التي يتميز بها الليف العصبي انطلاقا من التسجيل (ب).
4. يدعى التسجيل (ب) بكمون الراحة علل.

❷ مصدر الكمون الغشائي (كمون الراحة)

لمعرفة مصدر الكمون الغشائي نقترح التجارب التالية:

المرحلة 1:

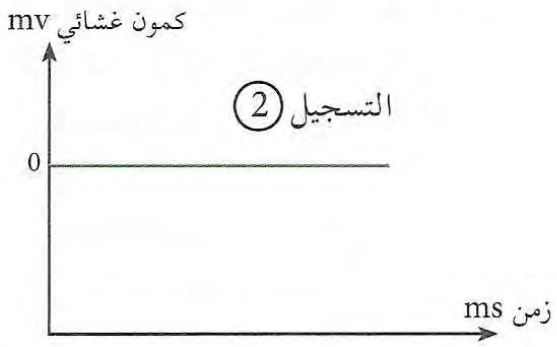
يظهر الجدولين (1 و2) من الوثيقة (2)، نتائج قياس تركيز Na^+ وK^+ داخل وخارج خلوي، في شروط تجريبية مختلفة، بينما يظهر التسجيلين (1 و2) تسجيلات كهربائية لقياسات أنجزت على محور أسطواني للكلمار (تسجيلات الجدول (2) أجريت على محور ميت).

الوسط / الشوارد	التركيز ميليمول /ل	
	وسط داخلي	وسط خارجي
K^+	400	20
Na^+	50	440

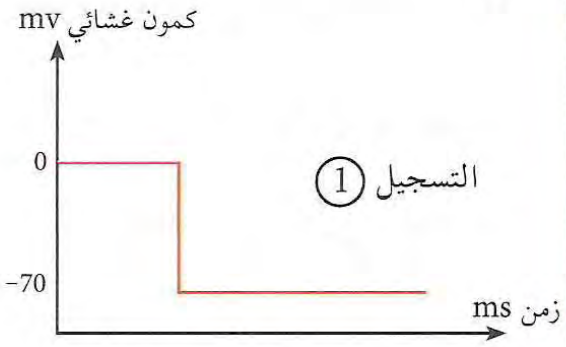
جدول (1)

الوسط / الشوارد	التركيز ميليمول /ل	
	وسط داخلي	وسط خارجي
K^+	210	210
Na^+	245	245

جدول (2)



تسجيل كهربائي ق $_1$ على السطح وق $_2$ داخل الليف



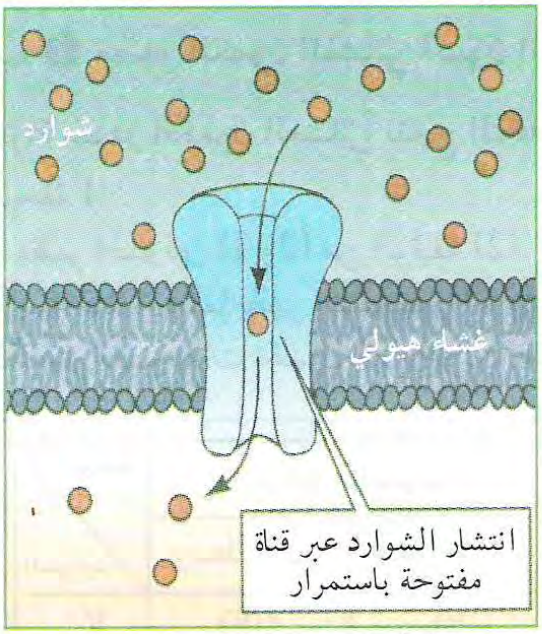
تسجيل كهربائي ق $_1$ على السطح وق $_2$ داخل الليف

الوثيقة (2)

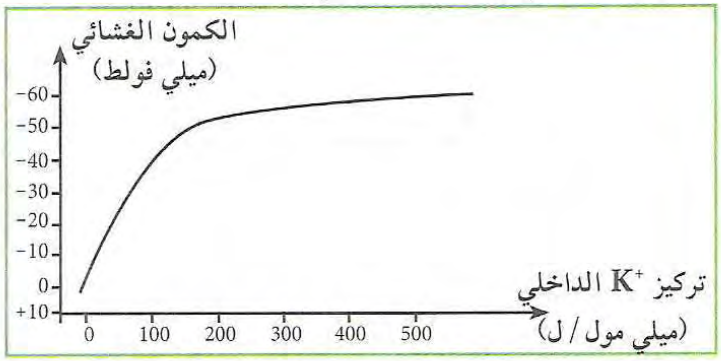
1. حلل نتائج الجدولين (1 و2)، ماذا تستنتج ؟
2. علل التسجيلين (1 و2) بالاعتماد على نتائج الجدولين.
3. ماذا تستنتج فيما يخص مصدر الكمون الغشائي في الخلايا الحية ؟

المرحلة 2: سمحت نتائج تجربة من انجاز رسومات تخطيطية تبين العلاقة بين البروتينات الغشائية وشوارد Na^+ وK^+ (الشكلين (أ وب) من الوثيقة 3). أما الشكل (ج) من الوثيقة (3) فيبين نتائج تجريبية توصل إليها العلماء (Hodgkin-Baker-Stark) بعد تفريغ المحتوى الهيولي لمحور أسطواني وتعويضه بمحلول متساوي التوتر، يحقن بعد ذلك المحور بشوارد K^+ بتراكيز متزايدة مع المحافظة على تركيز ثابت لشوارد K^+ خارج المحور.

الشكل (أ): رسم تخطيطي يظهر توزع القنوات الغشائية في وحدة مساحة غشائية لليف عصبي من المحور الأسطواني



الشكل (ب): رسم تخطيطي للبنية الفراغية لإحدى القنوات الأيونية



الشكل (ج): تغيرات الكمون الغشائي بدلالة التركيز الداخلي للـ K^+

الوثيقة (3)

1. قارن بين توزع القنوات الغشائية لـ Na^+ وK^+ في وحدة المساحة، ماذا تستنتج ؟
2. هل تسمح لك النتيجة المحصل عليها والمستخرجة من الشكل (أ) في الوثيقة (3)، من تأكيد أن ناقلية شوارد K^+ أكبر من ناقلية شوارد Na^+، علل.
3. بالاعتماد على الشكل (ب) من الوثيقة (3)، بماذا تمتاز هذه القنوات مقارنة بالقنوات المدروسة سابقا ؟
4. حلل منحنى الشكل (ج) من الوثيقة (3)، ثم استنتج المعلومة الإضافية التي يقدمها لك فيما يخص منشأ كمون الراحة ؟

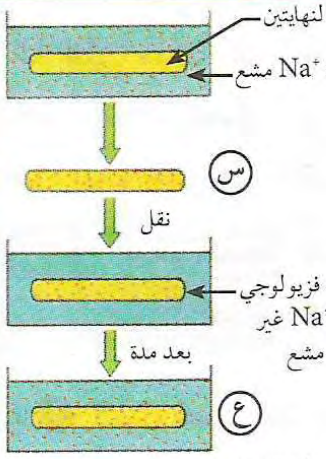
❸ ثبات كمون الراحة

لقد بينت النتائج التجريبية السابقة والملاحظة في الجدول (1) (الصفحة 139) من الوثيقة (2) ثبات التوزع المتباين للشوارد على جانبي الغشاء الهيولي للألياف العصبية الحية وبالتالي ثبات كمون الراحة، لتفسير ذلك نحقق التجارب التالية:

التجربة 1: يوضع ليف عصبي للكلمار في وسط فزيولوجي به Na^+ مشع وتركيزه مماثل للوسط الخارجي من الجدول (1) من الوثيقة (2). وبعد مدة ينقل إلى وسط ذو Na^+ غير مشع (مراحل التجربة ونتائجها ممثلة في الشكل (1) من الوثيقة 4).

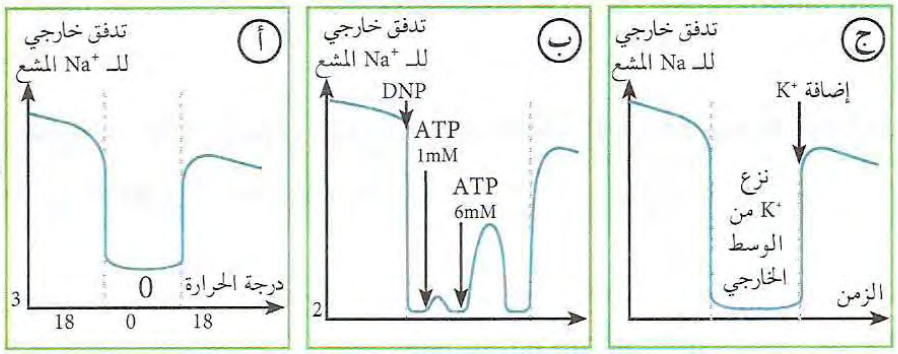
التجربة 2: نحقن ليف عصبي للكلمار بكمية قليلة من Na^+ المشع (حتى لا يؤثر على التراكيز الطبيعية) ثم نضعه في وسط فزيولوجي ذو Na^+ غير مشع، ونعاير Na^+ المشع في الوسط الخارجي (الشروط التجريبية ونتائجها ممثلة في منحنيات الشكل (2) من الوثيقة (4)).

- DNP مادة تمنع تركيب ATP
- Mm ميلي مول



(النقاط الملونة تدل على وجود الاشعاع)

الشكل (1)



الشكل (2)

الوثيقة (4)

1. يبقى تركيز Na^+ داخل الليف العصبي ثابتا رغم النتائج الملاحظة في (س) من الشكل (1) كيف تفسرذلك ؟
2. هل النتائج الملاحظة في (ع) من الشكل (1) تؤكد ما توصلت إليه عند إجابتك على السؤال 1؟ وضح.
3. باستغلال نتائج المنحنى (أ) حدد الطبيعة الكيميائية للعناصر المسؤولة على ظهور النتيجة المتوصل إليها في (ع) من الشكل (1)، علل إجابتك.
4. ما هي المعلومات الإضافية التي تقدمها نتائج المنحنيين (ب وج) من الشكل (2)، الوثيقة (4) فيما يخص شروط عمل هذه العناصر ؟ علل.

رسم تخطيطي يوضح آلية عمل مضخة K^+/Na^+ **الوثيقة (5)**

* تدعى العناصر المسؤولة عن ثبات كمون الراحة بمضخة K^+/Na^+. صف آلية عمل هذه المضخة في المحافظة على كمون الراحة معتمدا على معطيات رسم الوثيقة (5).
* انطلاقا مما توصلت إليه في هذا النشاط لخص برسم تخطيطي وظيفي عمل مختلف البروتينات الغشائية أثناء كمون الراحة.

النشاط 4

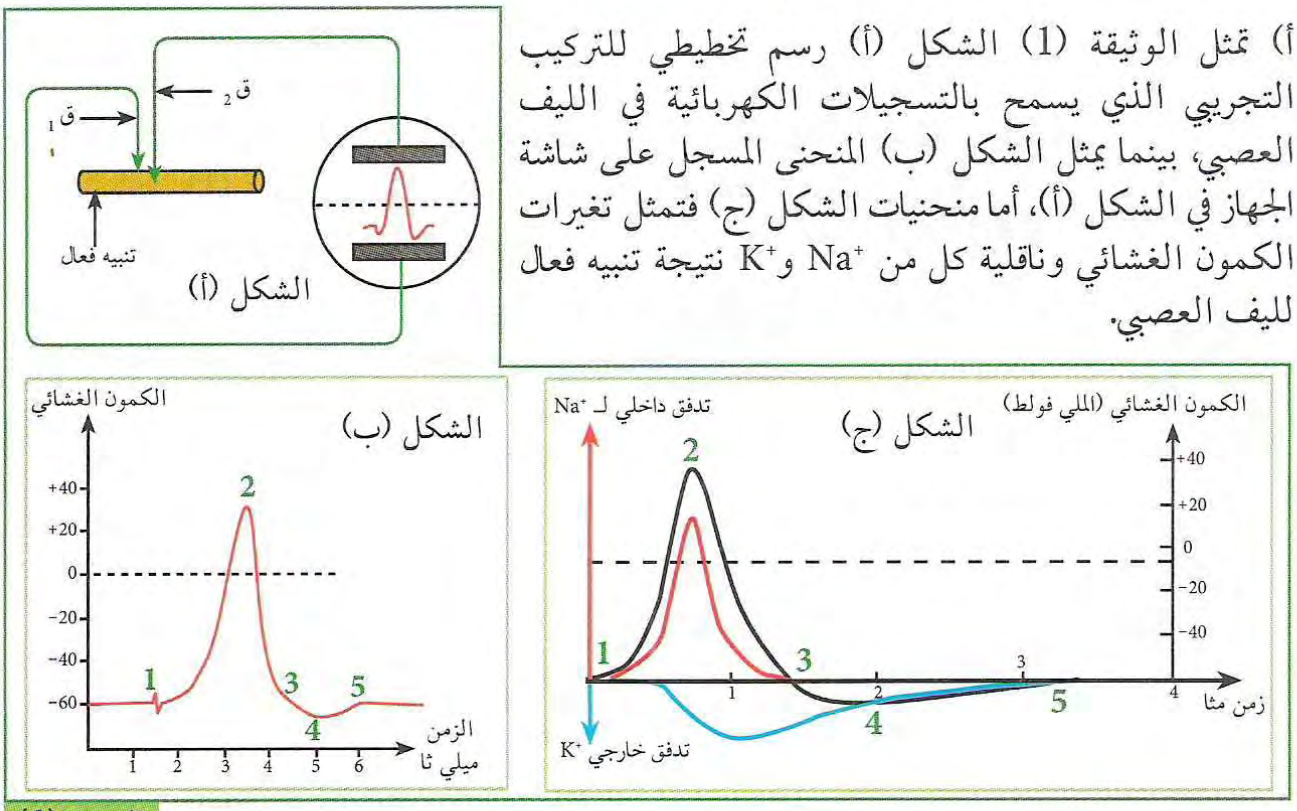
كمون العمل

تمتاز كل خلايا العضوية الحية بأغشية مستقطبة، حيث تعمل البروتينات الغشائية المتمثلة في قنوات تسرب Na^+ وK^+ إلى جانب المضخة على المحافظة على هذا الاستقطاب، لكن زيادة على ذلك تتميز أغشية العصبونات بوجود نوع آخر من القنوات البروتينية تدعى بالقنوات الفولطية، التي تكون مغلقة في كمون الراحة، وتكون وظيفية أثناء كمون العمل، لتنقل النبأ حتى إلى الخلية بعد المشبكية.

➢ كيف تعمل هذه القنوات أثناء كمون عمل غشاء الخلية قبل المشبكية ؟ وكيف تترجم الرسالة العصبية في مستوى الشق المشبكي ؟

❶ كمون عمل الغشاء قبل المشبكي

أ) تمثل الوثيقة (1) الشكل (أ) رسم تخطيطي للتركيب التجريبي الذي يسمح بالتسجيلات الكهربائية في الليف العصبي، بينما يمثل الشكل (ب) المنحنى المسجل على شاشة الجهاز في الشكل (أ)، أما منحنيات الشكل (ج) فتمثل تغيرات الكمون الغشائي وناقلية كل من Na^+ وK^+ نتيجة تنبيه فعال لليف العصبي.



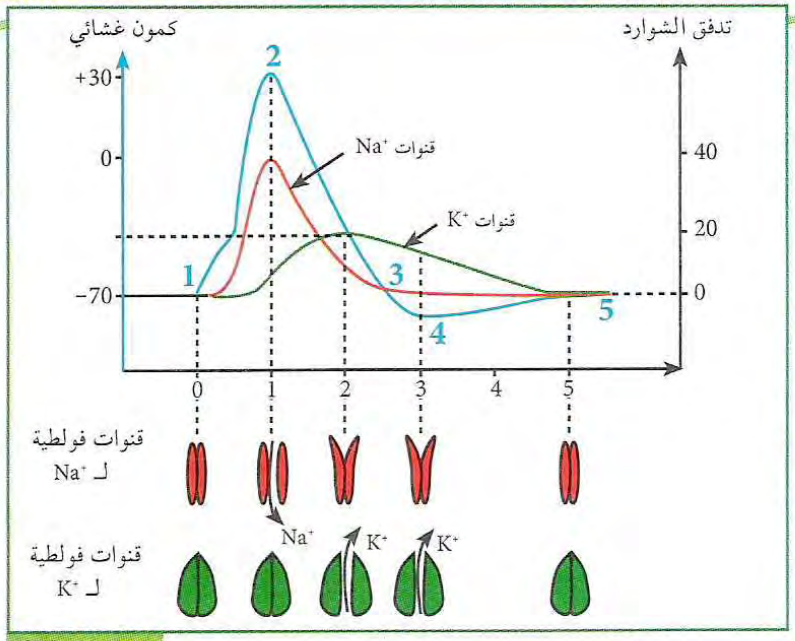
الوثيقة (1)

بالاعتماد على معلوماتك السابقة ومعطيات الوثيقة (1):

1. سم الأجزاء الملاحظة في الفواصل الزمنية (0-1.5) (1.5-6) ميلي ثانية من التسجيل ب.
2. قدم تحليلا مقارنا لمنحنيات التسجيل ج معتمدا على الأرقام 1 إلى 5، ماذا تستنتج ؟
3. إذا علمت أن التغيرات الشاردية الملاحظة أثناء تسجيلات الشكل (ج) تعود إلى تدخل قنوات فولطية نوعية، استخرج نوع هذه القنوات معللا إجابتك.

ب) لتوضيح دور القنوات الفولطية (القنوات المبوبة كهربائيا) في تسجيل الكمونات الغشائية نقدم لك معطيات الوثيقة (2).

1. أوجد علاقة بين القنوات الفولطية والأجزاء (1 و2) (2 و3) الملاحظة في كل كمون غشائي.
2. بالاعتماد على أشكال الوثيقة (2) اشرح الجزء الممثل لـ (3 و4) الملاحظ في كل كمون غشائي.
3. قدم تفسيرا لعودة إستقرار كمون الراحة المبين في (5) من منحنيات التسجيلات السابقة.

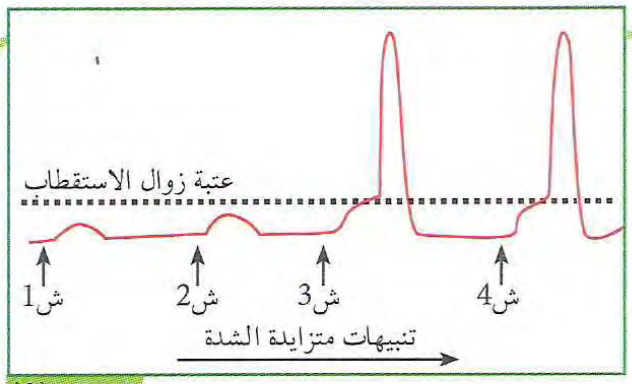


الوثيقة (2)

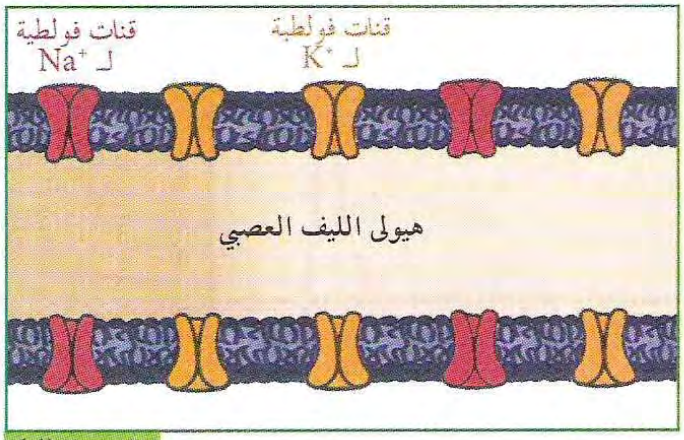
❷ انتشار كمون العمل القبل المشبكي

لاستخراج شروط تسجيل كمون عمل وانتشاره حتى مستوى النهاية العصبية قبل المشبكية نقدم لك النتائج التجريبية التالية :

تبين الوثيقة (3) نتائج تسجيلات كهربائية أنجزت على ليف عصبي معزول بعد تنبيهه بعدة تنبيهات متزايدة الشدة، أما الوثيقة (4) فتوضح توزع القنوات الفولطية على طول غشاء الليف العصبي عديم النخاعين.



الوثيقة (3)



الوثيقة (4)

1. حلل نتائج تسجيلات الوثيقة (3) ماذا تستنتج ؟
2. يتم انتشار السيالة العصبية عند تنبيه الليف العصبي بتطبيق الشدتين ش $_3$ أو ش $_4$. اشرح كيف تنتشر السيالة العصبية معتمدا على معطيات الوثيقة (4)

* بين برسم على المستوى الجزيئي دور البروتينات الغشائية لليف العصبي أثناء كمون الراحة والعمل؟

❸ كمون عمل غشاء الليف العصبي البعد مشبكي

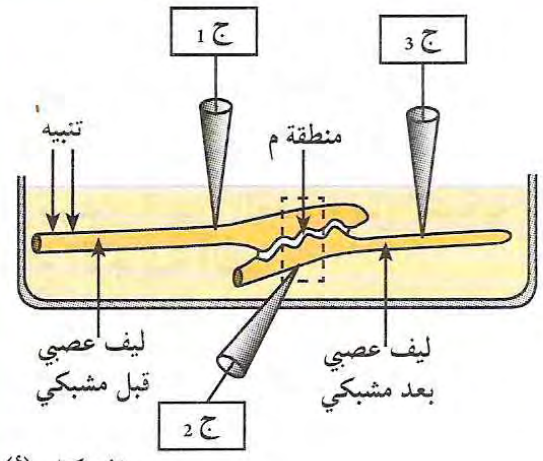
يؤدي التنبيه الفعال لليف عصبي قبل مشبكي إلى توليد كمون عمل وانتشاره، وتلعب القنوات الفولطية في ذلك دورا أساسيا، نريد الآن معرفة عمل القنوات المرتبطة بالكيمياء (مبوبة كميائيا) في مستوى المشابك.

المرحلة 1:

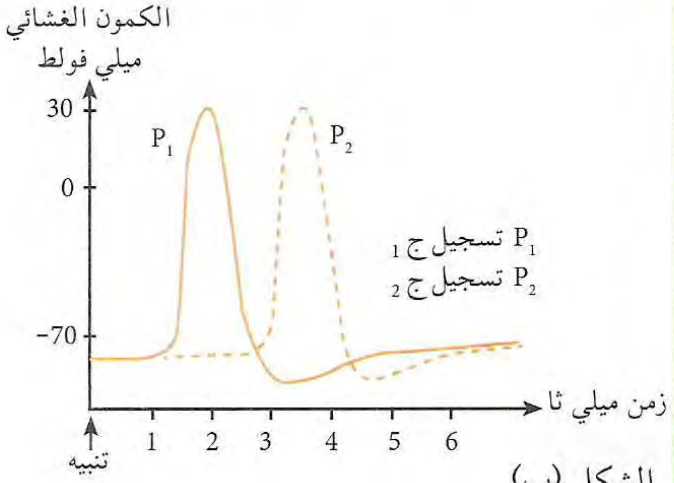
نتائج تجريبية:

يبين الشكل (أ) التركيب التجريبي الذي مكننا من الحصول على نتائج ممثلة في منحنيات الشكلين (ب وج) من الوثيقة (5) حيث: الشكل (ب) يمثل التسجيلات الكهربائية المسجلة في الجهازين ج 1 وج 2.

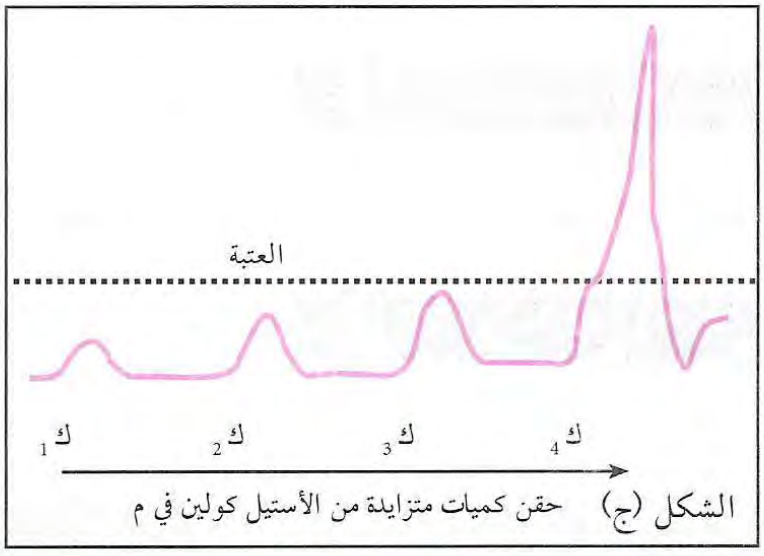
بينما يمثل الشكل (ج) تسجيلات كهربائية على مستوى الجهاز ج 3 إثر حقن كميات متزايدة من الأستيل كولين في المنطقة (م).



الشكل (أ)



الشكل (ب)

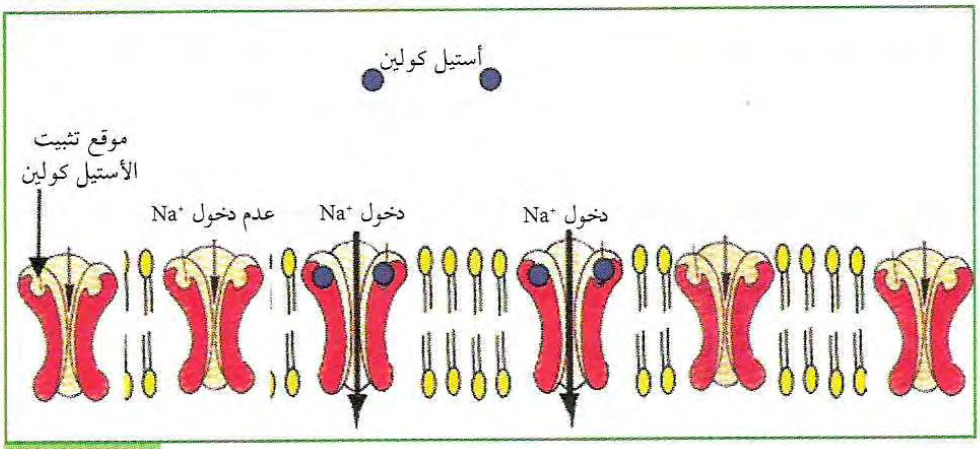


الشكل (ج) حقن كميات متزايدة من الأستيل كولين في م

الوثيقة (5)

1. ما هي المعلومة المستخرجة من نتائج التسجيلات (ب) من الوثيقة (5) ؟
2. حلل نتائج تسجلات الشكل (ج)، ماذا تستنتج ؟
3. يؤدي تنبيه متزايد الشدة في مستوى الليف قبل المشبكي من الشكل (أ) إلى الحصول على نفس تسجيلات الشكل (ج) من الوثيقة (5). ما هي المعلومة المستخلصة من ذلك ؟

- لتفسير نتائج تسجيلات الشكل (ب) من الوثيقة (5) نقدم الوثيقة (6) التي تمثل توزيع القنوات المرتبطة بالكيمياء على مستوى الغشاء بعد المشبكي من المنطقة (م):

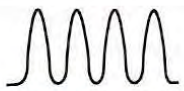


الوثيقة (6)

1. بالاعتماد على معطيات الوثيقة (6)، فسر اختلاف سعة التسجيلات الملاحظة في الشكل (ج) من الوثيقة (5) ؟
2. أدى حقن $ك_4$ من الأستيل كولين في المنطقة (م) إلى ظهور كمون عمل في $ج_2$ و$ج_3$، هل يؤدي حقن الكمية $ك_3$ إلى نفس النتائج ؟ علل إجابتك.

المرحلة2:

في تركيب تجريبي مماثل للشكل (أ) من الوثيقة (5) حققت تجارب شروطها ونتائجها ممثلة في جدول الوثيقة (7).

التجربة	الشروط التجريبية	النتائج في $ج_2$
1	ننبه الغشاء قبل مشبكي تنبيها فعالا	
2	نعيد التجربة 1 لكن نحقق في الشق المشبكي للمنطقة م مادة Pilocarpine المثبطة لإنزيم الأستيلكولين إستراز	

الوثيقة (7)

1. قارن بين نتائج التجربتين، ماذا تستنتج ؟
2. ما هي المعلومات المستخرجة من مقارنة نتائج التجربتين (1 و2) فيما يخص تأثير الأستيل كولين في الحالة الطبيعية، علل.
3. فسر إذا نتائج التسجيل P_2 من الشكل (ب) للوثيقة (5).

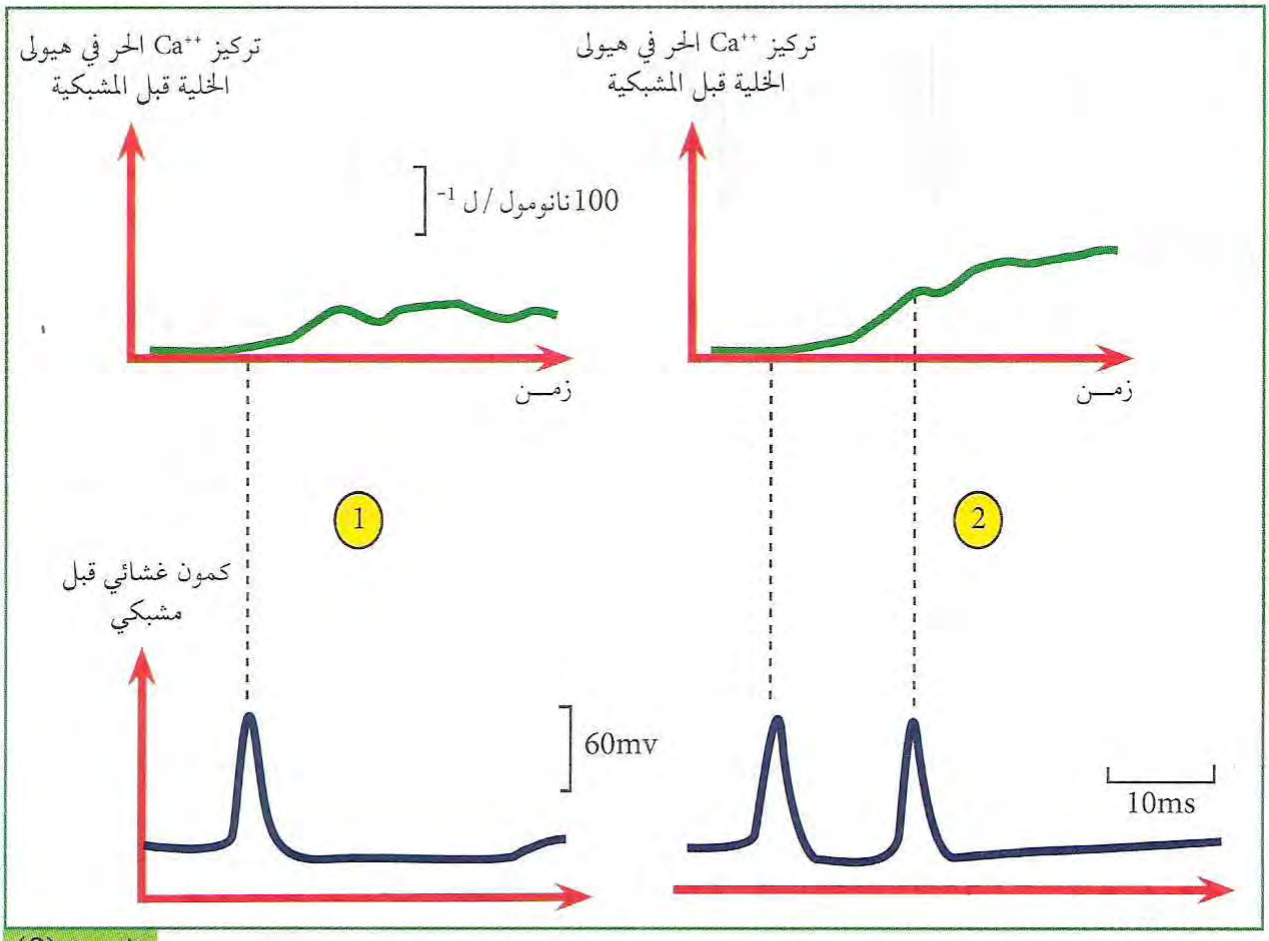
* ترجم المعلومات المستخلصة من النشاط 2 على شكل رسم تخطيطي وظيفي تبرز فيه عمل القنوات النوعية المرتبطة بالكيمياء بعد تثبيت المبلغ العصبي على الغشاء بعد المشبكي ؟

❹ ترجمة الرسالة العصبية قبل المشبكية في مستوى الشق المشبكي

تبين مما سبق أن الرسالة العصبية في مستوى المشابك مشفرة على شكل تواترات كمون عمل في الغشاء قبل المشبكي، وعلى شكل تراكيز للمبلغ الكيميائي في الشق المشبكي، ثم من جديد مشفرة على شكل كمون عمل في العصبون بعد مشبكي. فكيف يتم الإنتقال من نمط معين من الشفرات إلى أخر في مستوى الشق المشبكي ؟

أولا:

تسمح تقنية خاصة باستعمال التفلور بدراسة تغيرات تركيز شواد الكالسيوم في هيولى النهاية قبل المشبكي بدلالة تواترات كمون العمل قبل المشبكي النتائج موضحة في منحنيات الوثيقة (8).

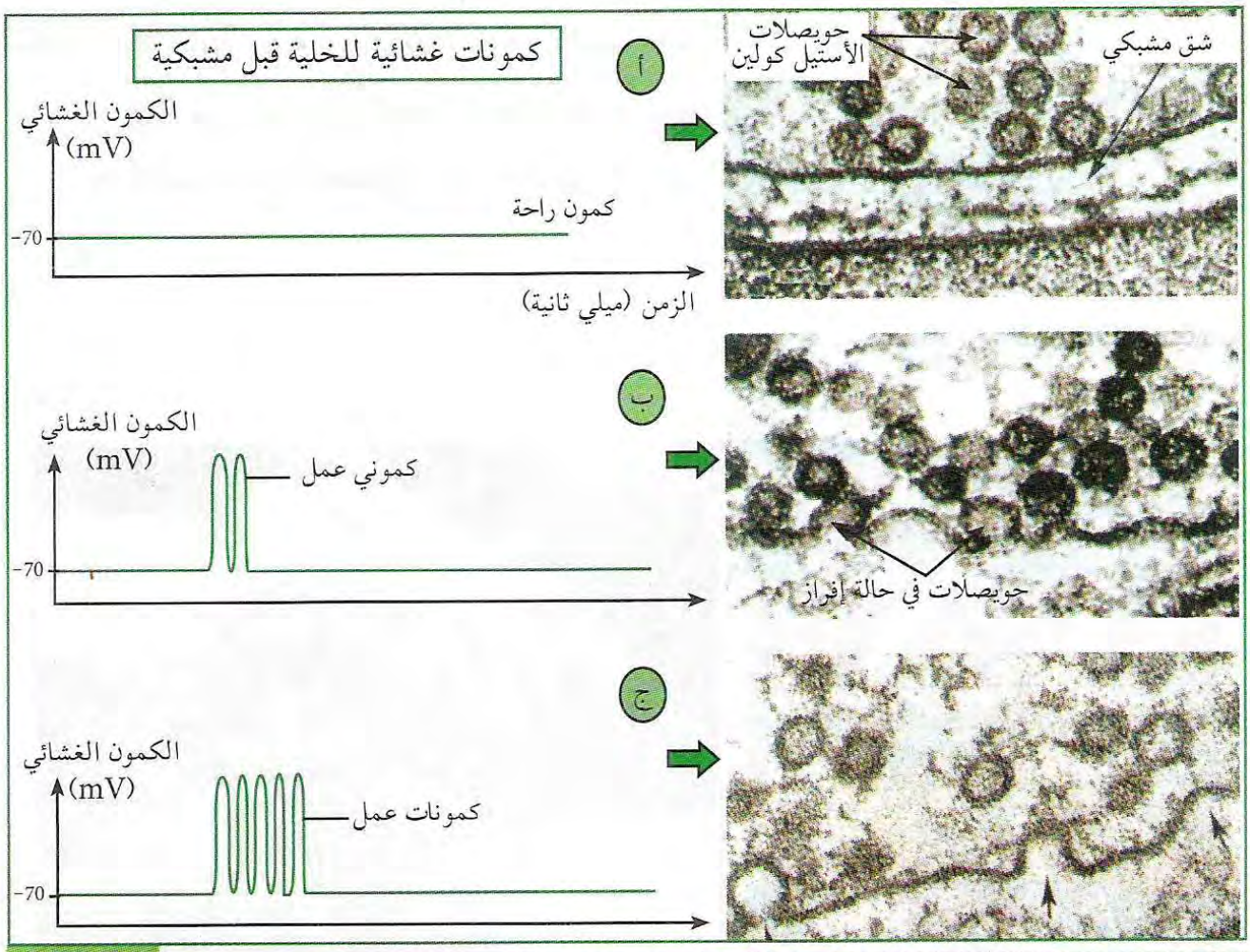


الوثيقة (8)

1. باستغلال نتائج منحنيات الوثيقة (8)، أوجد علاقة بين كمونات عمل الخلية قبل المشبكية وتركيز الكالسيوم في هيولتها.
2. يحتوي الغشاء قبل المشبكي على بروتينات تدعى بقنوات Ca^{++} الفولطية. باستعمال هذه المعلومة والكمونات الغشائية المبينة في الوثيقة (8)، فسر اختلاف تراكيز Ca^{++} في الخلية قبل المشبكية.

ثانيا: تأثير تواترات كمون عمل قبل المشبكي على تركيز المبلغ الكيميائي

سمحت ملاحظات المجهر الالكتروني لمقاطع في مستوى المشابك أثناء كمونات قبل مشبكية بتوضيح النتائج المبينة في الوثيقة (9).



الوثيقة (9)

1. ما هي العلاقة بين التسجيل المحصل عليه في (أ) والصورة المقابلة له ؟
2. بالاعتماد على التسجيلات (ب وج) والصور المجهرية المقابلة لهما، أوجد علاقة بين تواترات كمون العمل قبل المشبكي وكمية الأستيل كولين المفرزة.
3. بالاعتماد على النتائج المستخرجة من الوثيقتين (8 و9) اربط بين ما يلي:
   - تواترات كمون العمل قبل المشبكي.
   - القنوات الفولطية لشوارد Ca^{++}.
   - إفراز الأستيل كولين في الشق المشبكي.
4. تسمح النتائج المتوصل إليها في الوثيقة (9) من تفسير الانتقال من نمط معين من الشفرات إلى نمط آخر في مستوى المشابك اشرح ذلك ؟

* بالاستعانة بالمعارف التي توصلت إليها، انجز رسما وظيفيا كاملا على المستوى الجزيئي يعبر عن آلية تشفير الرسالة العصبية على مستوى المشابك ؟

النشاط 5

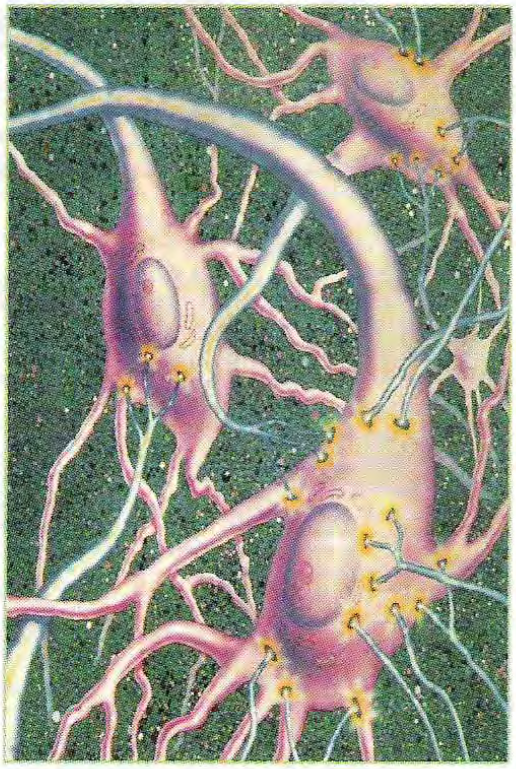
آلية الادماج العصبي

يصل إلى الخلية بعد المشبكية عدة كمونات متشابكة من نفس المشبك أو من مشابك مختلفة، وبالتالي فإن الكمون العابر للغشاء في مستوى الجزء الابتدائي للمحور الأسطواني للخلية بعد مشبكية، هو محصلة لادماج مختلف هذه الكمونات.

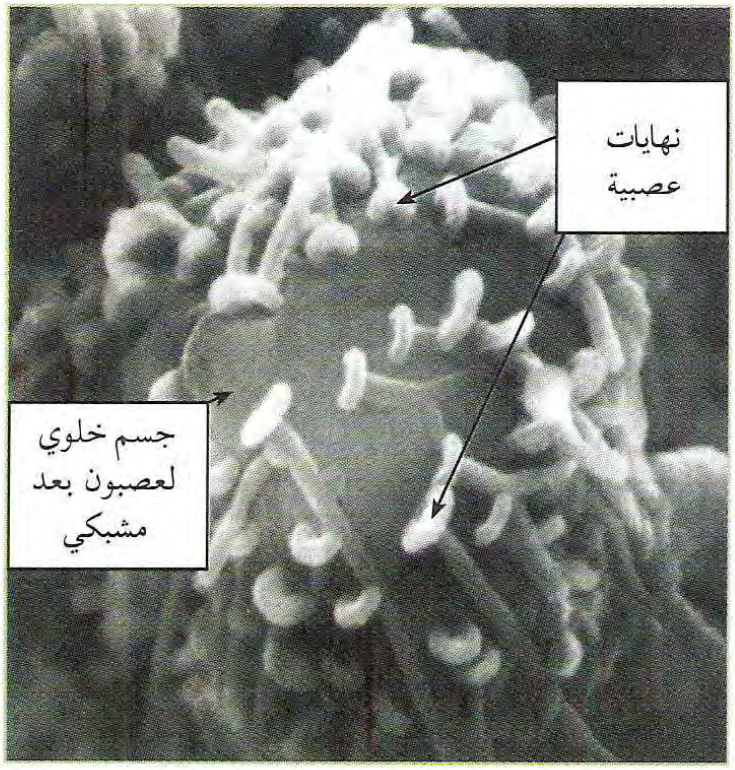
- **فما هي أنواع المشابك المتصلة بالعصبون المحرك ؟**
- **كيف يدمج العصبون بعد مشبكي مختلف الكمونات التي ترد إليه ؟**

❶ أنواع المشابك

تمثل الوثيقة (1) الشكلين (أ وب) صورة بالمجهر الالكتروني الماسح لمشابك، ورسم تخطيطي لبعض المشابك.



الشكل (ب) رسم تخطيطي يوضح بعض المشابك



الشكل (أ) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لمشابك

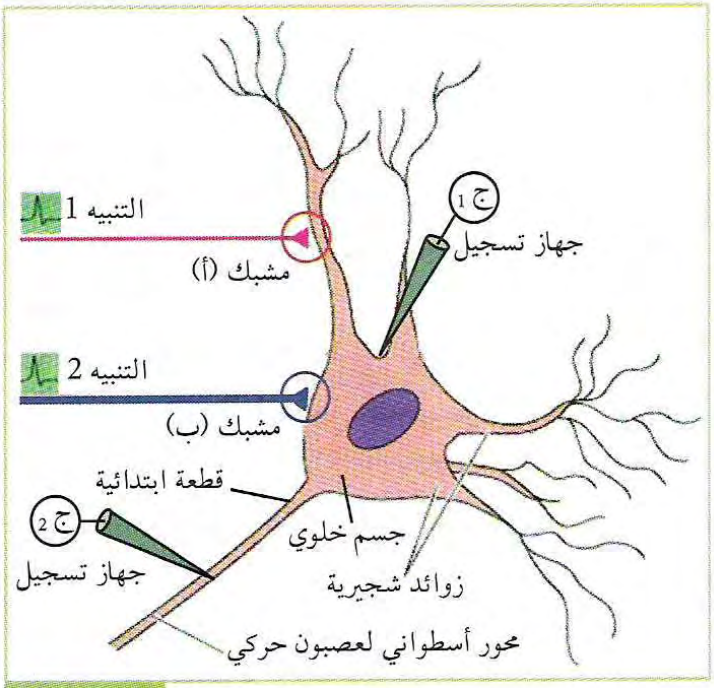
الوثيقة (1)

- انطلاقا من معطيات شكلي الوثيقة (1) قدم تعريفا للمشبك.

لمعرفة أنواع المشابك المتواجدة في الشكل (أ) نحقق التجارب التالية:

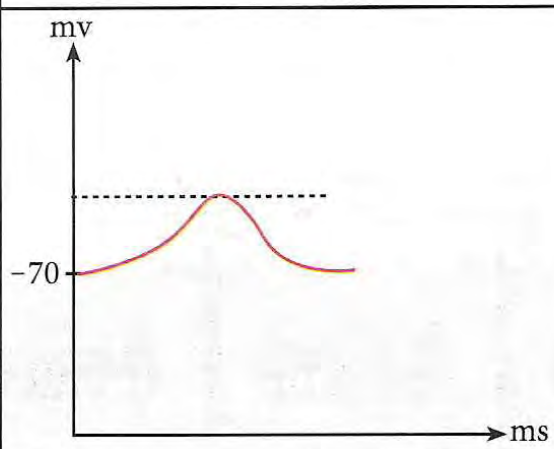
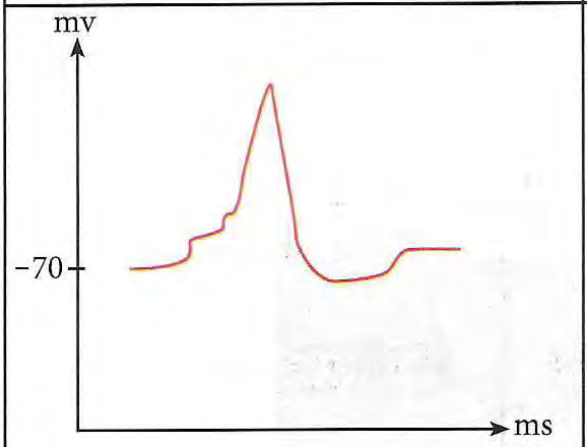
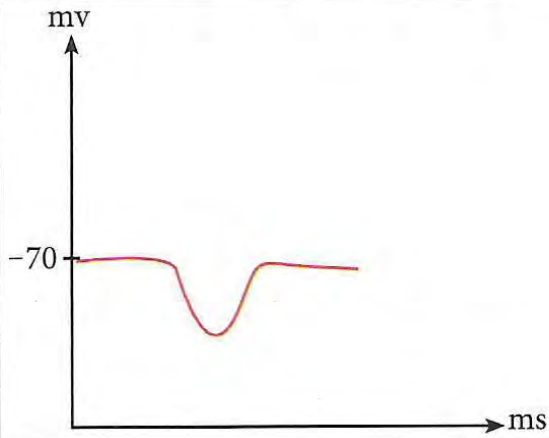
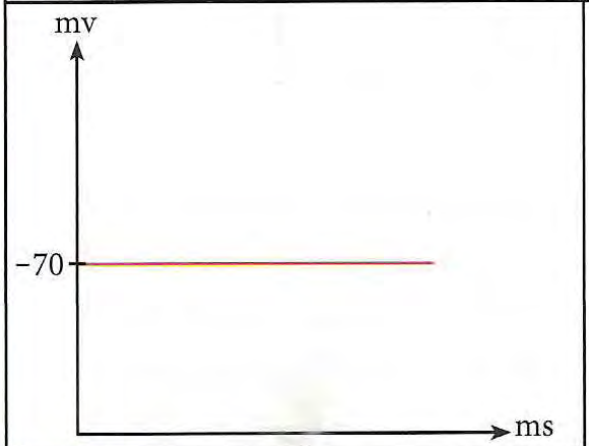
التجربة 1

تمثل الوثيقة (2) نهايات عصبية تتمفصل مع نفس الجسم الخلوي لعصبون محرك. بينما يمثل جدول الوثيقة (3) التسجيلات المسجلة بعد تنبيه فعال في 1 و2.



الوثيقة (2)

1. قارن بين التسجيلات الناتجة من التنبيه الأول والثاني من الوثيقة (3)، ماذا تستنتج ؟
2. يدعى التسجيل الملاحظ في ج $_1$ إثر تنبيه 1 بكمون بعد مشبكي تنبيهي PPSE بينما التسجيل الملاحظ في ج $_1$ والناتج من التنبيه 2 فيدعى بكمون بعد مشبكي تثبيطي PPSI، علل.
3. بناء على التسجيلات السابقة استخرج نوع المشبكين (أ وب) من الوثيقة (2) ؟

التنبيه	التسجيل في ج 1	التسجيل في ج 2
التنبيه في 1		
التنبيه في 2		

الوثيقة (3)

التجربة 2:

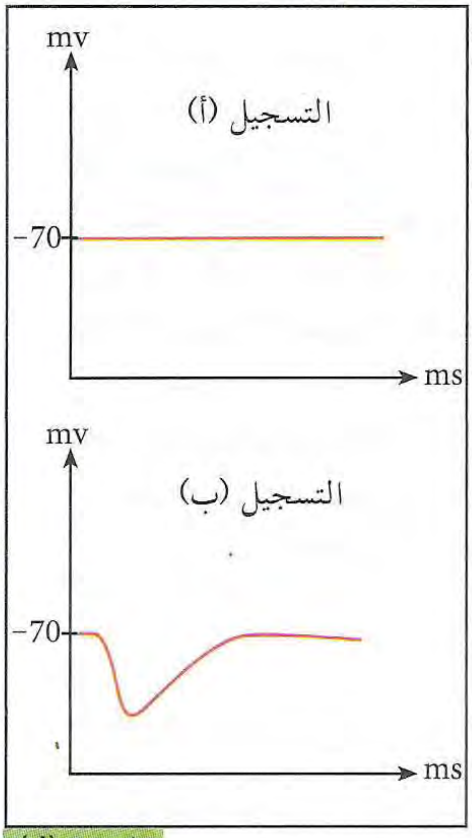
لمعرفة ميزة المشبك (ب) مقارنة بـ (أ) وتعليل التسجيل الملاحظ في ج $_1$ إثر تنبيه 2 ندرس النتائج التجريبية التالية:

أ) حقن مادة الـ GABA في الفراغ المشبكي للمشبك (أ) وبدون التنبيه في 1 فيسجل الجهاز ج $_1$ التسجيل (أ) من الوثيقة (4).

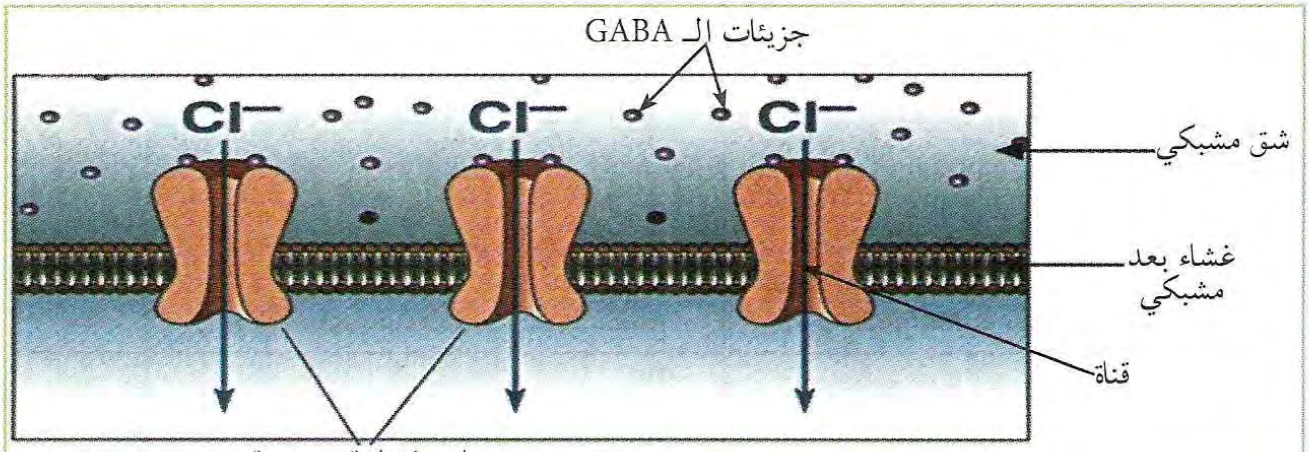
ب) حقن مادة الـ GABA في الفراغ المشبكي للمشبك (ب) وبدون تنبيه في 2 فيسجل الجهاز ج $_1$ التسجيل (ب) من الوثيقة (4).

ج) بين التحليل الكيميائي للفراغ المشبكي (ب) من الوثيقة (2) أثناء الراحة غياب مادة GABA وتواجد شوارد الـ Cl^- بنسبة عالية بينما عند التنبيه في 2 من الوثيقة (2) فتظهر مادة الـ GABA في الفراغ المشبكي (ب) وتتناقص نسبة شوارد الـ Cl^-.

د) سمحت دراسات أنجزت على الغشاء بعد مشبكي للمشبك (ب) تواجد جزيئات غشائية بروتينية تحتوي على مواقع تثبيت للـ GABA. الوثيقة (5) تبين رسم تخطيطي لهذه الجزيئات في وجود الـ GABA.



الوثيقة (4)



الوثيقة (5)

1. ماذا تستنتج من مقارنة التسجيلين (أ) و(ب) من الوثيقة (4) ؟
2. انطلاقا من المعطيات السابقة (ب، ج) قدم تفسيرا للتسجيل (ب) ؟
3. بالربط بين معطيات (ج) و(د) وبالإستعانة بالوثيقة (5) ومعلوماتك وضح بواسطة رسم تخطيطي وظيفي آلية عمل المشبك (ب) أثناء التنبيه في 2.
4. بالإعتماد على معلوماتك السابقة حول آلية عمل المشبك التنبيهي (مثل مشبك أ) وجوابك السابق في (3) استخرج دور البروتينات الغشائية المولدة لـ PPSE وPPSI.

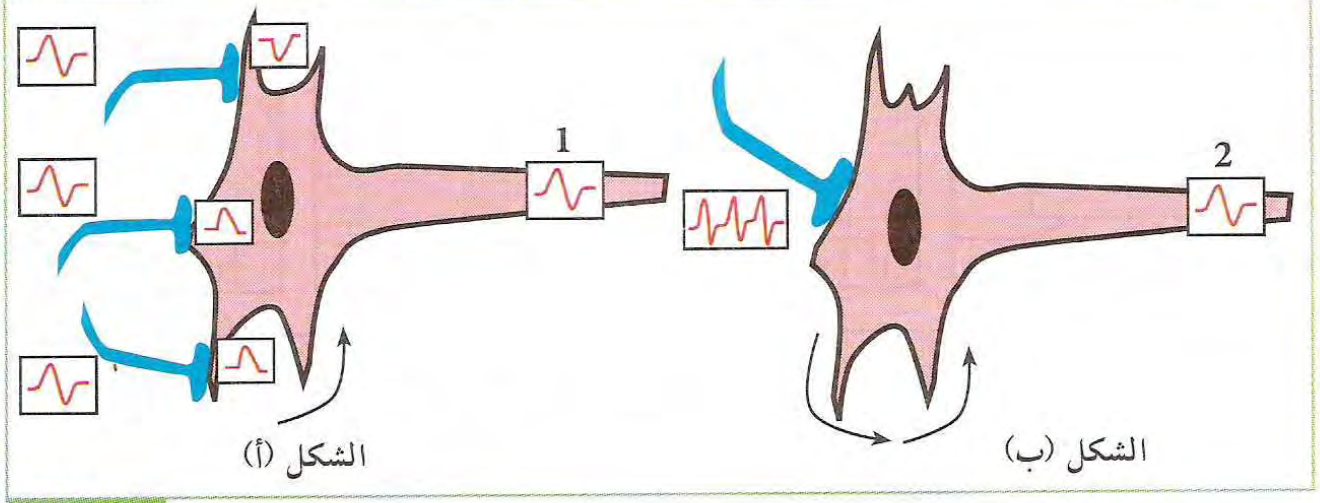
❷ إدماج الكمونات بعد مشبكية

لقد رأينا سابقا أن العصبون بعد المشبكي في المراكز العصبية تتصل به عدة مشابك منها مشابك تنبيهية وأخرى تثبيطية ولكل منها تأثير مختلف على الخلية البعد مشبكية.

- لكن كيف يكون التأثير حالة وصول كمونات متتالية في نفس الوقت من نفس العصبون القبل مشبكي أو من عصبونات قبل مشبكية مختلفة ؟

أ) أنواع تجميع الكمونات قبل مشبكية الواردة إلى الخلية البعد مشبكية:

تمثل الوثيقة (6) الشكلين (أ وب) وصول عدة كمونات قبل مشبكية إلى الخلية البعد مشبكية.



الوثيقة (6)

1. حدد عدد ونوع المشابك المتصلة بالخلية بعد المشبكية في الشكلين (أ وب) من الوثيقة (6).
2. حدد مصدر الكمونين 1 و2 المسجلين في المحورين الأسطوانيين للخليتين بعد المشبكيتين من الشكلين (أ وب) ؟
3. للعصبون بعد المشبكي القدرة على تجميع الكمونات التي تصل إليه في نفس الوقت إما تجميعا فضائيا (حالة الشكل أ) أو تجميعا زمنيا (حالة الشكل ب). بالاعتماد على هذه المعطيات وشكلي الوثيقة (6) استخرج الاختلاف بين التجميع الزمني والتجميع الفضائي.

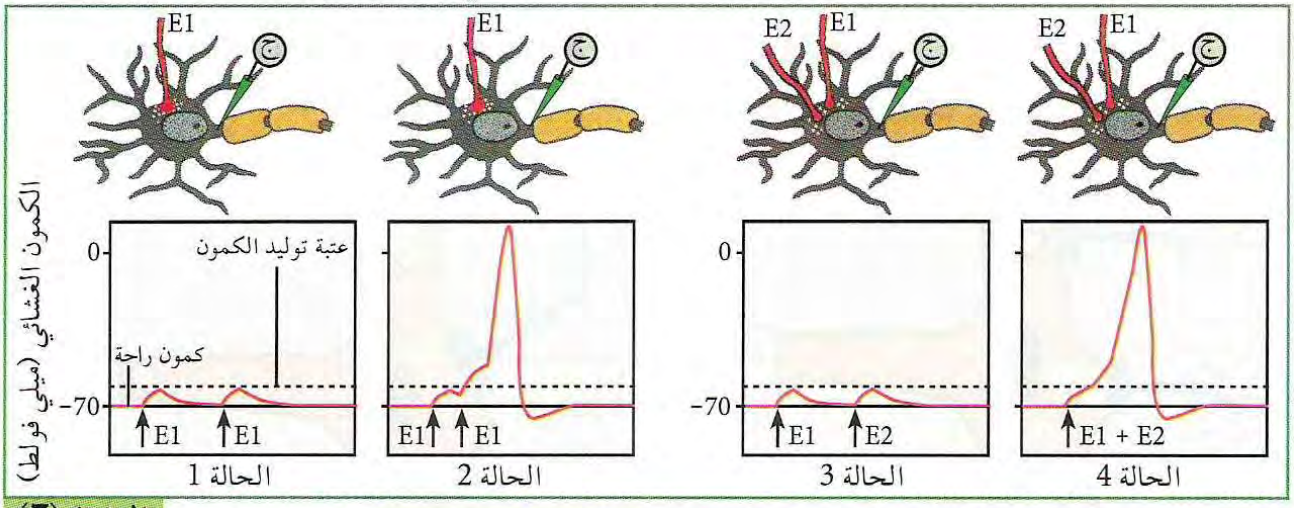
❸ آلية الادماج

أ) حالة مشابك ذات ميزة تنبيهية:

تمثل الوثيقة (7) تسجيلات أنجزت على الخلية بعد مشبكية إثر تنبيهين متتاليين:

الحالتان (1-2): ناتجتين عن تنبيهين متتاليين لعصبون قبل المشبكي منبه E1.

الحالتان (3-4): ناتجتين عن تنبيه لعصبونين قبل مشبكيين في (E1 وE2).

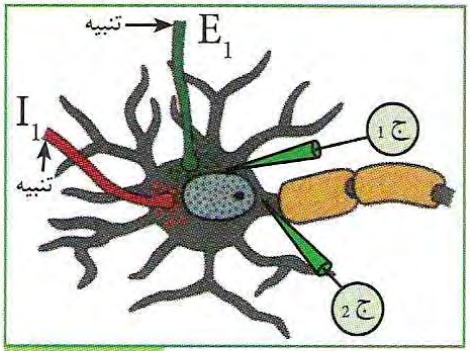


الوثيقة (7)

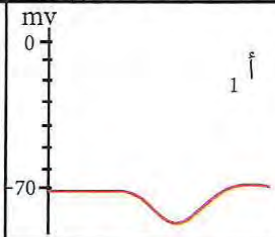
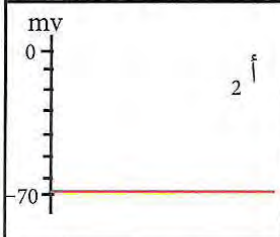
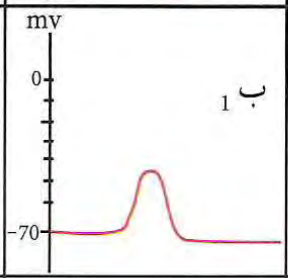
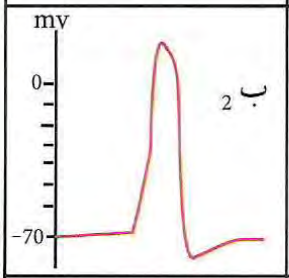
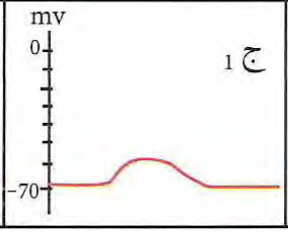
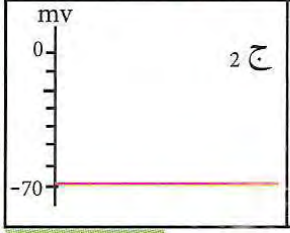
1. قارن بين النتائج المحصل عليها في الحالات التالية:
   - الحالة 1 مع الحالة 2، والحالة 3 مع الحالة 4.
2. كيف تفسر التسجيلات الناتجة عن تنبيهين في الحالتين 2 و4.

ب) حالة مشابك ذات ميزة تنبيهية وأخرى تثبيطية:

تمثل الوثيقة (8) خلية بعد مشبكية متصلة بنوعين من المشابك بينما الوثيقة (9) تمثل التسجيلات المسجلة في ج 1 وج 2 (الوثيقة 9).



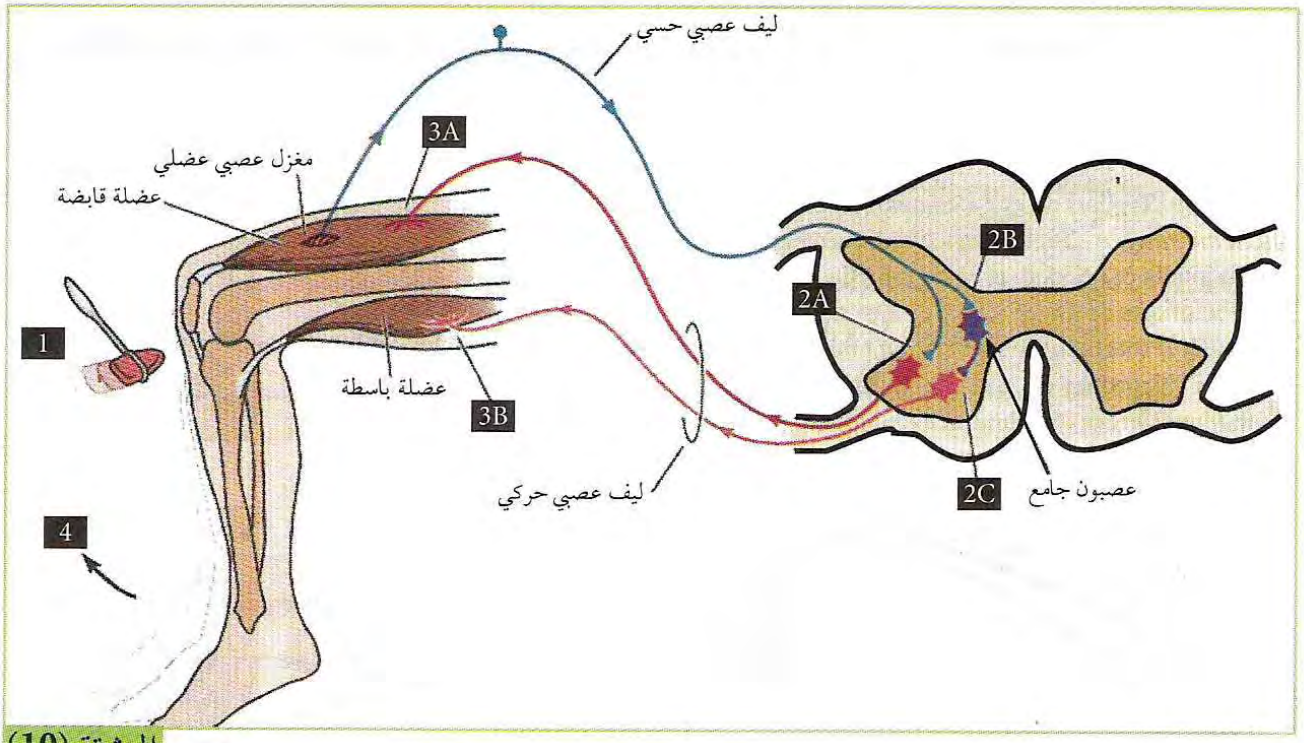
الوثيقة (8)

	التسجيل في ج 1	التسجيل في ج 2
التنبيه في I_1 التسجيلات (أ)		
التنبيه في E_1 التسجيلات (ب)		
التنبيه في I_1 و E_1 في نفس الوقت التسجيلات (ج)		

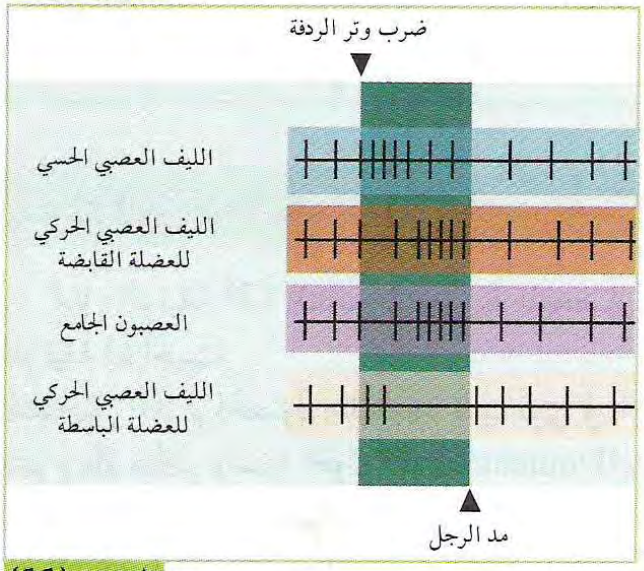
الوثيقة (9)

1. حدد المشبك التنبيهي والمشبك التثبيطي انطلاقا من تسجيلات الوثيقة (9)، علل.
2. قارن بين التسجيلين ب $_1$ وج $_1$.
3. فسر إذا اختلاف النتائج في ب $_2$ وج $_2$.
4. حدد شروط تسجيل المنحنى ب $_2$ في ج $_2$، علل.

تمثل الوثيقة (10) مسار السيالة العصبية أثناء منعكس عضلي، بينما الوثيقة (11) تمثل التسجيلات الكهربائية أثناء هذا المسار حيث كل خط عمودي يمثل كمون عمل.



الوثيقة (10)



الوثيقة (11)

* بالإعتماد على ما سبق وبالمعلومات التي تقدمها لك الوثيقتين: أنجز مخطط تحصيلي للمنعكس العضلي على المستوى الجزيئي والشاردي.

النشاط 6

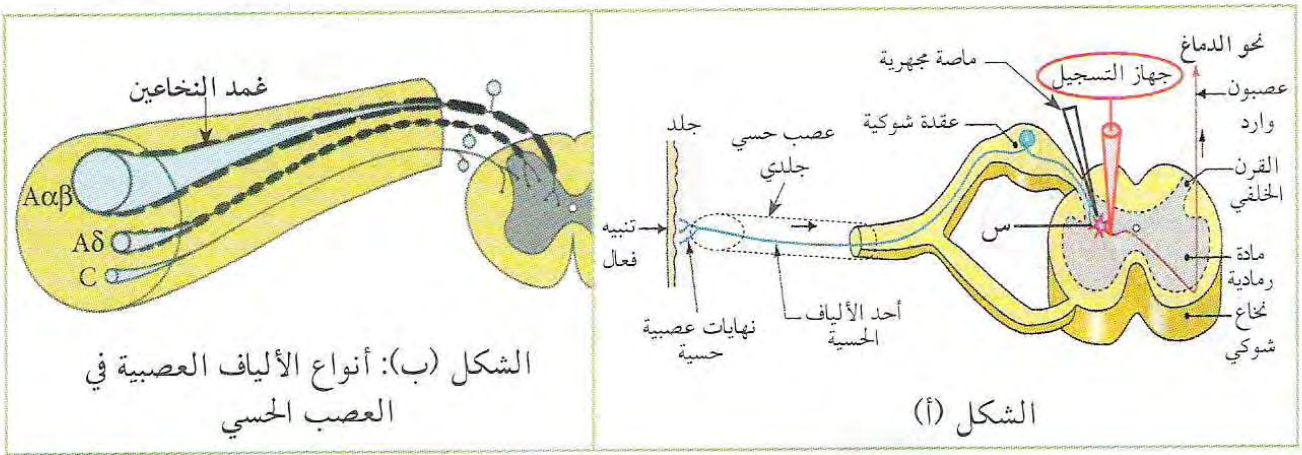
تأثير المخدرات على مستوى المشابك

تتدخل المراكز العصبية في مختلف الاحساسات التي يشعر بها الفرد من دفئ، برودة، ألم أو نشوة، وتلعب المشابك دورا هاما في إيصال هذه الاحساسات، ليتم إدماجها بعد ذلك. إلا أن هناك جزيئات كيميائية خارجية مثل المخدرات تتدخل في مستوى هذه المشابك، لتحدث خللا في عملها.

➢ فما هو تأثير المخدرات على مستوى المشابك ؟ وما هي انعكاساتها ؟

❶ دور المورفين

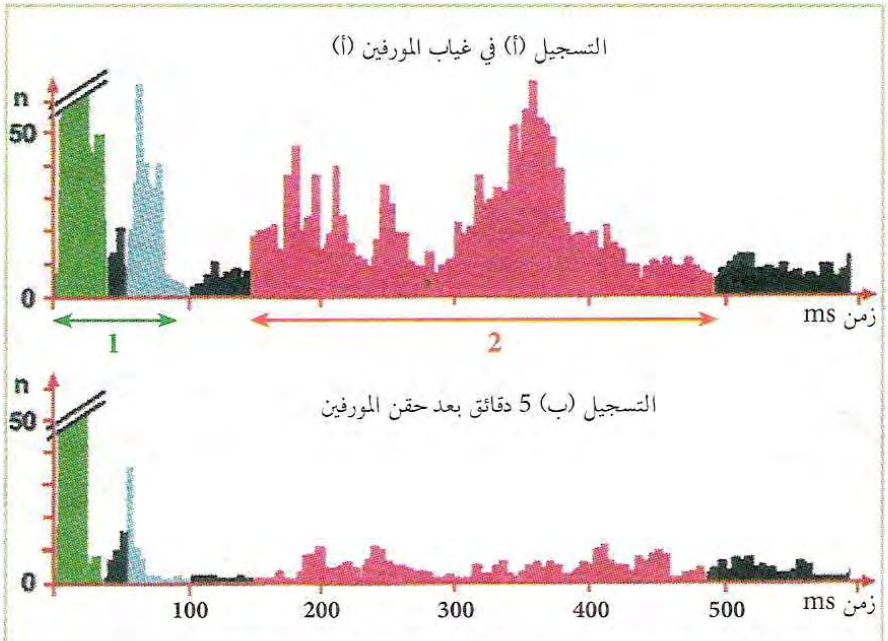
تمثل الوثيقة (1) الشكل (أ) رسما تخطيطيا لتركيب تجريبي يمكننا من دراسة العناصر المتدخلة في الاحساس بالألم، حيث التسجيلات تمت في مستوى العصبون الوارد إلى الدماغ.
الشكل (ب): يمثل رسم تخطيطي يوضح أنواع الألياف المتواجدة في العصب الحسي الجلدي.



الوثيقة (1)

- قارن بين الألياف المكونة للعصب الحسي الموضحة في الشكل (ب) من الوثيقة (1).

تمثل الوثيقة (2) النتائج التجريبية المتحصل عليها في التركيب التجريبي الموضح في الشكل (أ) للوثيقة (1)حيث:
التسجيل (أ): تم الحصول عليه بعد تنبيه قوي في الجلد أدى إلىإحساس بألم خاطف (Douleur rapide) متبوع بألم متأخر ولفترة أطول (Douleur lente).
التسجيل (ب): تم الحصول عليه بعد نفس التنبيه السابق لكن بعد حقن مادة المورفين في المنطقة (س) من الشكل (أ) للوثيقة (1).



n: عدد كمونات العمل المسجلة في العصبونات الواردة إلى الدماغ.
الألوان الخضراء، الزرقاء والحمراء: تسجيلات في العصبون الوارد بعد وصول السيالة العصبية إليه من مختلف الألياف العصبية للعصب الحسي الجلدي.
اللون الأسود: النشاط التلقائي العادي للعصبون الوارد.
1: التسجيلات المسؤولة عن الألم الخاطف.
2: التسجيلات المسؤولة عن الألم المتأخر.

الوثيقة (2)

1. قدم تحليلا مقارنا للتسجيلين (أ وب) ؟ ثم استنتج دور المورفين ؟
2. بالاعتماد على نتيجة المقارنة قدم فرضيات تعلل بها سبب التأخر الزمني للتسجيل 2 (بالأحمر) عن التسجيل 1 (بالأخضر والأزرق) في التسجيل (أ) من الوثيقة (2).

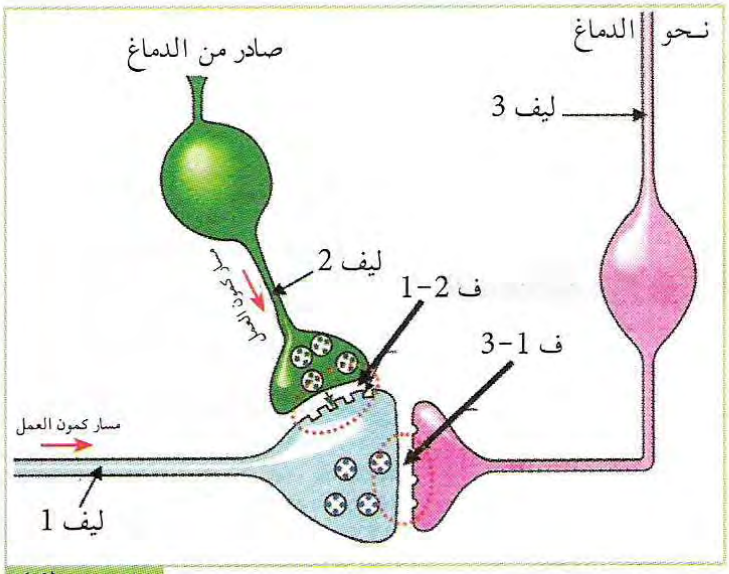
للتحقق من صحة إحدى الفرضيات مكنت دراسة سرعة السيالة العصبية في ألياف العصب الحسي الممثل في الشكل (ب) من الوثيقة (1) من الحصول على النتائج الممثلة في الوثيقة (3).

نوع الألياف	القطر µm	السرعة m/s
الألياف A	4-1	24-6
الألياف C	1-0.5	2-1

الوثيقة (3)

1. حلل نتائج الجدول، ماذا تستنتج ؟
2. هل تسمح لك هذه النتائج من التحقق من إحدى الفرضيات السابقة ؟ علل.
3. بناءا على ما سبق وعلى نتائج التسجيلات (ب) من الوثيقة (2)، علل استعمال المورفين في المجال الطبي.

❷ مقر تأثير المورفين



الوثيقة (4)

لمعرفة مقر تأثير المورفين نحقق الأعمال التجريبية التالية:

المرحلة 1:

تمثل الوثيقة (4) رسما تخطيطيا للبنيات المتواجدة على مستوى المنطقة (س) للشكل (أ) من الوثيقة (1). بينما الوثيقة (5) فتمثل نتائج تجريبية لتنبيهات أجريت على مختلف الألياف العصبية للوثيقة (4).

التجربة	التنبيه	التحليل الكميائي في مستوى المشابك	النتيجة
1	تنبيه كهربائي في الليف 1	ارتفاع تركيز المادة P في مستوى ف 1-3	إحساس بالألم
2	تنبيه كهربائي في الليف 2 وفي الليف 1	ارتفاع تركيز مادة الأنكيفالين في مستوى ف 2-1 وتناقص المادة P في مستوى ف 1-3	عدم الإحساس بالألم
3	حقن المورفين في المنطقة (ف 2-1) + تنبيه كهربائي في 1	تناقص المادة P في مستوى ف 1-3	عدم الإحساس بالألم

الوثيقة (5)

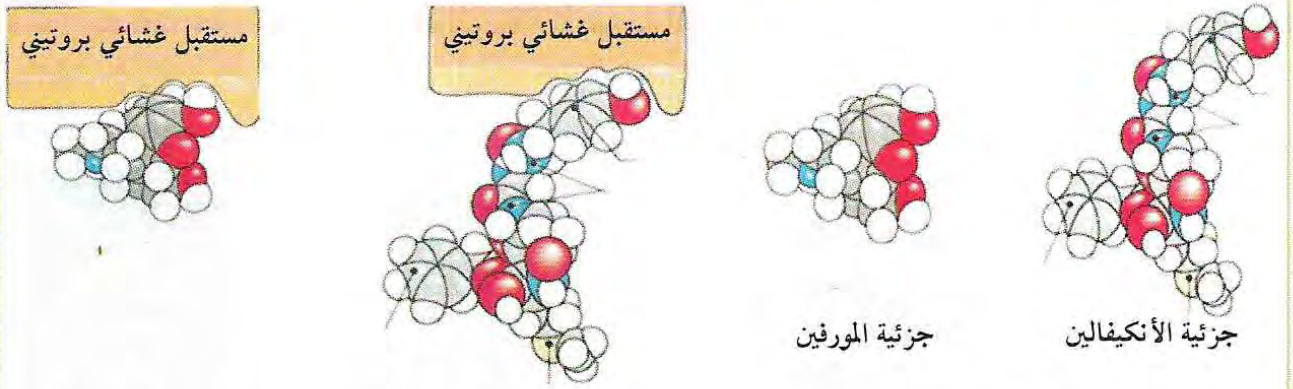
1. بالاعتماد على النتائج التجريبية في 1 و2 من الوثيقة (5):
   - حدد نوع المشبك في كل من: ف (1-2) وف (1-3)، علل.
2. بالربط بين نتائج التجربتين 1 و2 من الوثيقة (5) وشكل الوثيقة (4) أوجد علاقة بين: المادة P، مادة الأنكيفالين، والاحساس الناتج.
3. ماذا تستنتج من مقارنة نتائج التجربتين 2 و3 من الوثيقة (5) ؟
4. قدم إذا فرضيات تفسر كيفية تأثير المورفين.

المرحلة 2:

لتحديد مستقبلات المورفين حقنت حيوانات مخبرية بمادة مشعة، ثم بعد ذلك أنجزت مقاطع فائقة الدقة في النخاع الشوكي وعوملت بتقنية التصوير الاشعاعي الذاتي. مكن تركيب النتائج باستعمال الكميوتر من الحصول على الوثيقة (6) حيث شدة اللون تدل على شدة تركيز مستقبلات المورفين. بينما أشكال الوثيقة (7) فهي توضح ما يلي: - الشكل (أ): النموذج الجزيئي لجزيئتي المورفين والأنكيفالين.

- الشكل (ب): تثبيت الجزيئات السابقة على المستقبلات الغشائية في مستوى الغشاء بعد مشبكي للمشبك ف 2-1.

الوثيقة (6)



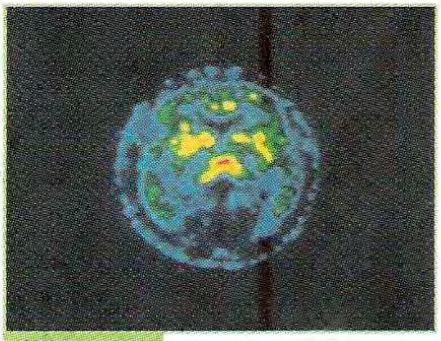
الشكل (أ): النموذج الجزيئي الشكل (ب): تثبيت الجزيئات على المستقبل الغشائي

الوثيقة (7)

1. ما هي المعلومات التي تقدمها نتائج الوثيقتين (6 و7).
2. هل تسمح هذه المعلومات من التحقق من فرضياتك السابقة ؟ علل.
3. بالاعتماد على ما توصلت إليه من معلومات قدم تفسيرا للتسجيلين (أ وب) من الوثيقة (2).

تستعمل المورفين في المجال الطبي للتخفيف من بعض الآلام، إلا أن استعمالاتها تكون بكميات محدودة ومدروسة وهذا لتجنب تأثيراتها الجانبية:

لمعرفة بعض هذه التأثيرات الجانبية نقدم الوثيقة (8) والمعلومات التالية:



الوثيقة (8)

- للمورفين تأثير خطير لأن المدمن عليها يتطلب في كل مرة جرعات متزايدة للحصول على نفس المفعول عكس الأنكيفالين المبلغ الكميائي الطبيعي الذي يفكك مباشرة بواسطة إنزيمات نوعية.
- الادمان على المخدرات (منها المورفين) يجعل المدمن يشعر بالكآبة والألم في غيابها.

* بالإستعانة بهذه المعطيات وضح في نص علمي خطر الإدمان على الجهاز العصبي.

الحصيلة المعرفية

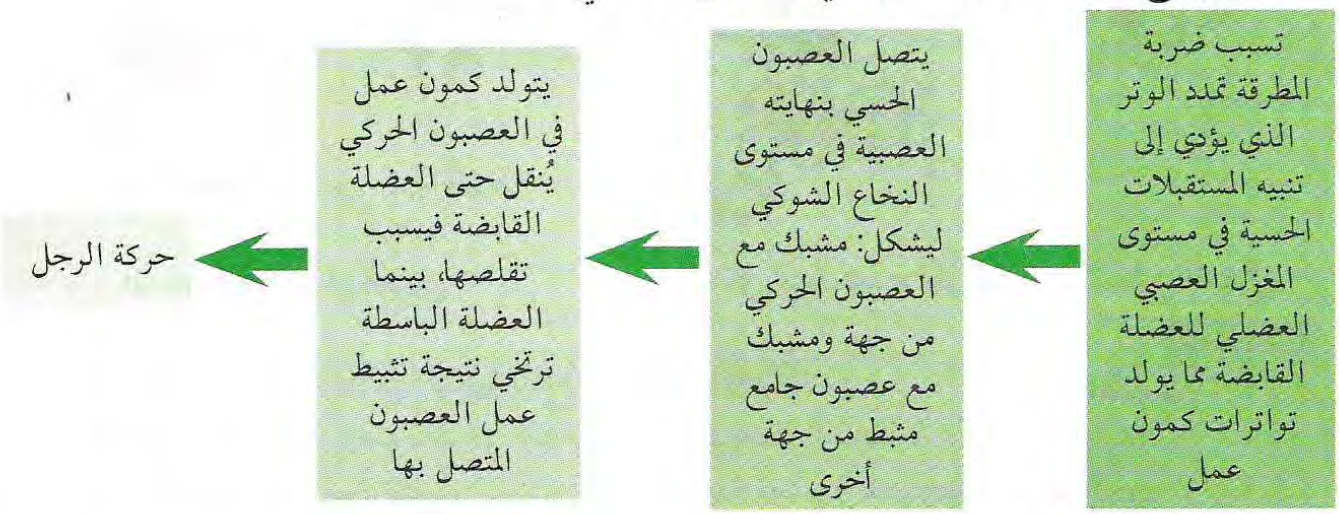
دور البروتينات في الإتصال العصبي:

تنتقل الرسالة العصبية المشفرة في الليف العصبي قبل مشبكي على شكل تواترات لكمونات عمل والتي تتحول إلى رسالة مشفرة بتركيز المبلغ العصبي على مستوى المشبك. وتعمل المراكز العصبية على معالجة هذه الرسائل.

النشاط ❶: التذكير بالمكتسبات

يسجل جهاز التسجيل كمون عمل إثر تنبيه فعال لليف عصبي حسي في المنعكس العضلي، ينتج هذا التسجيل نتيجة تغير في شحنة الليف العصبي. ينقل الليف الحسي السيالة العصبية الحسية إلى المراكز العصبية (النخاع الشوكي)، حيث يقوم بدور إدماجي، تثبط السيالة العصبية المتجهة للعضلة القابضة، بينما العصبون المحرك ينقل سيالة عصبية محركة نحو العضلة الباسطة. تلعب المشابك في هذا المسار دورا أساسيا إذ يتوقف على مستواها طبيعة الرسالة العصبية التي تصل إلى الخلية بعد المشبكية عن طريق مبلغات كيميائية.

مخطط يوضح مسار السيالة العصبية في المنعكس العضلي:


تسبب ضربة المطرقة تمدد الوتر الذي يؤدي إلى تنبيه المستقبلات الحسية في مستوى المغزل العصبي العضلي للعضلة القابضة مما يولد تواترات كمون عمل
يتصل العصبون الحسي بنهايته العصبية في مستوى النخاع الشوكي ليشكل: مشبك مع العصبون الحركي من جهة ومشبك مع عصبون جامع مثبط من جهة أخرى
يتولد كمون عمل في العصبون الحركي يُنقل حتى العضلة القابضة فيسبب تقلصها، بينما العضلة الباسطة ترتخي نتيجة تثبيط عمل العصبون المتصل بها
حركة الرجل

النشاط ❷: آلية النقل المشبكي

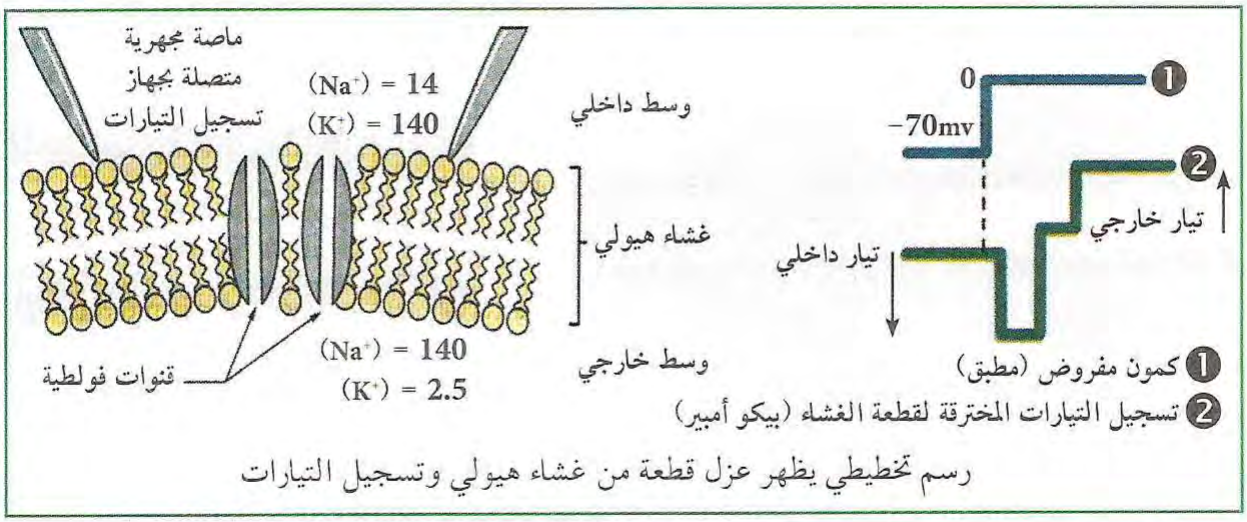
مكنت تقنيات patch clamp من عزل قطع صغيرة من غشاء هيولي، في نهاية ماصة متصلة بجهاز لدراسة تيارات تمر عبر قنوات غشائية ذات طبيعة بروتينية، حيث أمكن لهذه الطريقة عزل قناة واحدة أو أكثر.

أ) القناة المرتبطة بالفولطية:

مصدر كمون العمل المسجل إثر تنبيه فعال لليف عصبي، هو تيارات كهربائية ناتجة عن انفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية، سمحت تقنية patch clamp بعزل جزء من غشاء الليف العصبي وتسجيل هذه التيارات فلوحظ وجود تيارين:

- الأول تيار داخلي يقدر تقريبا بـ 1 بيكو أمبير ناتج عن انفتاح القنوات الفولطية (المرتبطة بالفولطية) للـ Na^+ لمدة 0.7 ميلي ثانية ودخول شوارد الصوديوم.
- الثاني تيارات خارجية ناتجة عن انفتاح القنواة الفولطية (المرتبطة بالفولطية) للـ K^+ وخروج هذه الشوارد.

عند التنبيه الفعال أو فرض كمون على غشاء معزول بتقنية patch clamp تنفتح أولا القناة الفولطية للصوديوم ثم تتبعها القناة الفولطية للبوتاسيوم.



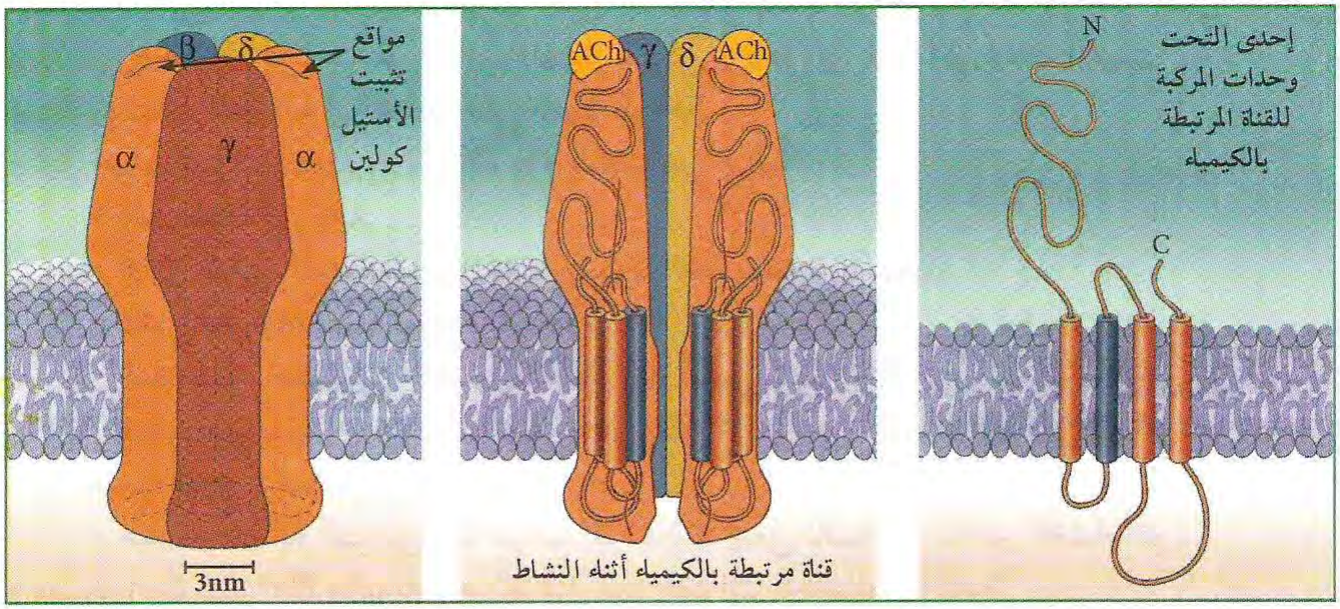
رسم تخطيطي يظهر عزل قطعة من غشاء هيولي وتسجيل التيارات

ب) القناة المرتبطة بالكيمياء:

يحتوي الغشاء بعد المشبكي على بروتينات غشائية تدعى بالقنوات المرتبطة بالكيمياء (قناة مبوبة كيميائيا)، هي عبارة عن مستقبلات غشائية لها موقعين لتثبيت المبلغ الكيميائي الأستيل كولين.

في غياب الأستيل كولين تكون هذه القنوات مغلقة، بينما تثبيت الأستيل كولين عليها يسبب انفتاحها، وبالتالي تمر شواد الصوديوم من خلالها، مما يسبب تولد زوال استقطاب الخلية بعد المشبكية.

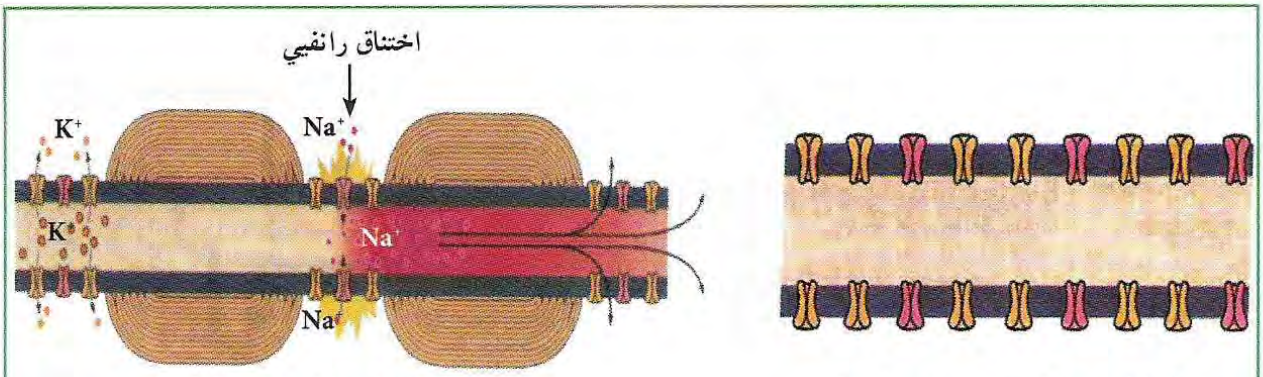
تتكون القناة المرتبطة بالكيمياء من خمسة تحت وحدات، كل تحت وحدة عبارة عن متعدد ببتيد يخترق الغشاء الهيولي أربعة مرات (أنظر الوثيقة المرفقة).



ج) تواجد القنوات البروتينية:

تتواجد القنوات المرتبطة بالكيمياء في مستوى المشابك على غشاء الخلية بعد المشبكية والمبلغ الكيميائي هو المتحكم في انفتاحها، بينما القنوات المرتبطة بالفولطية فتتوزع على كل مساحة الغشاء الهيولي للخلايا

العصبية والمحاور الأسطوانية للألياف العصبية عديمة النخاعين، بينما في المحاور الأسطوانية للألياف العصبية ذات نخاعين فتتواجد إلا على مستوى اختناقات رانفيي.



رسم تخططيطي لليف عصبي ذولنخاعين

رسم تخططيطي لليف عصبي عديم النخاعين

رسم تخطيطي يوضح توزع القنوات المرتبطة بالفولطية للـ Na^+ و الـ K^+ في الألياف العصبية، بالأحمر خاصة بشوارد الصوديوم وبالأصفر خاصة بشوارد البوتاسيوم

النشاط ❸: كمون الراحة

يكون غشاء العصبون أثناء الراحة مستقطبا، حيث يسجل جهاز الراسم الاهتزاز المهبطي عندما يكون المسرى المجهري متصل بالهيولى منحنى كمون قدره 70- ميلي فولط (عادة ما يتراوح كمون الراحة من 60- إلى 100-).

بينت التحاليل الكيميائية للوسط الخارجي والداخلي للألياف العصبية وجود توزعا متباينا لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم، كما بينت تجارب أخرى أن مصدر كمون الراحة الملاحظ هو هذا التوزع المتباين. هناك شوارد أخرى وجزيئات على جانب الغشاء الهيولي لها دخل إلى حد ما في شحنة الليف.

دور البروتينات الغشائية في المحافظة على كمون الراحة:

- تمتاز قنوات تسرب الصوديوم والبوتاسيوم بالخصائص التالية:
  - ذات طبيعة بروتينية.
  - تخترق طبقتي الفوسفوليبيد للغشاء، وتكون القناة مفتوحة باستمرار.
  - تنقل الشوارد حسب تدرج تركيزها.
  - تمتاز بنقل اصطفائي (اختياري) فهناك قناة تختص بنقل Na^+ من الوسط الخارجي إلى الوسط الداخلي حسب تدرج تركيزها، وقناة تختص بنقل الـ K^+ من الوسط الداخلي إلى الوسط الخارجي حسب تدرج تركيزها.
  - عدد قنوات K^+ أكثر من عدد قنوات الـ Na^+ مما يجعل ناقلية الـ K^+ عبر الغشاء أكبر.
- مضخة الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ تمتاز هذه القنوات بالخصائص التالية:
  - عبارة عن بروتين ضمني كبير، يحتوي على نشاط إنزيمي من نوع ATPase.
  - تحافظة هذه المضخة على ثبات كمون الراحة بالطريقة التالية:

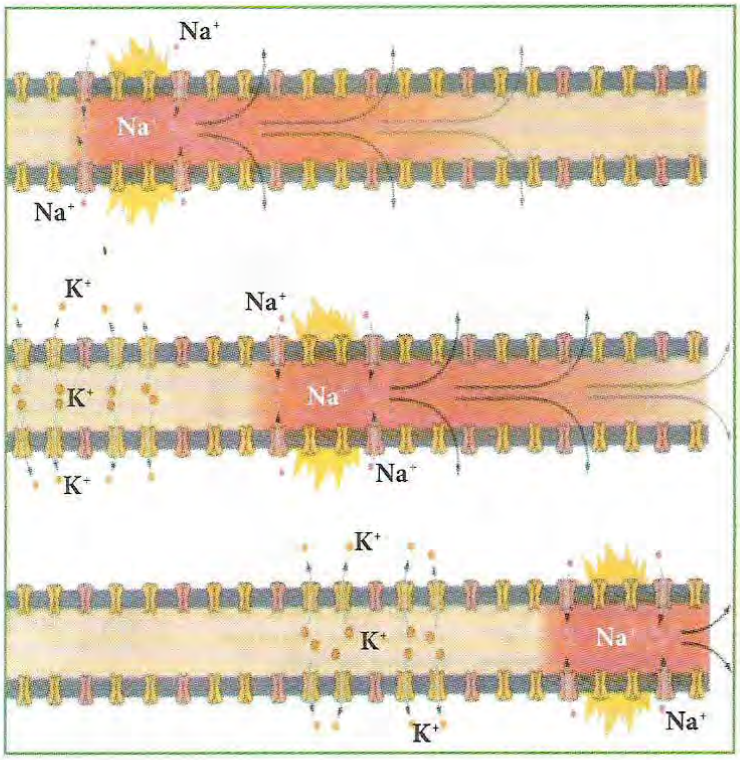
* تثبت 3 شوارد Na^+ من جهة السيتوبلازم وتخرجها إلى الوسط الخارجي عكس تدرج تركيزها.

* تثبت شاردتين K^+ من جهة الوسط الخارجي للخلية وتدخلهما داخل الخلية عكس تدرج التركيز.
* تستهلك جزيئة ATP.
* تتغير البنية الفراغية للمضخة أثناء عملها (وضعية مفتوحة للخارج أو للداخل).

النشاط ❹: كمون العمل

يؤدي تنبيه العصبون قبل المشبكي إلى تغيرات الكمون الغشائي وتسجيل كمون عمل، ويتمثل ذلك فيما يلي:

- زوال استقطاب سريع للغشاء الهيولي نتيجة انفتاح القنوات المرتبطة بالفولطية للصوديوم، وتدفق داخلي لشوارد الصوديوم.
- عودة استقطاب ناتجة عن تدفق خارجي لشوارد البوتاسيوم، نتيجة انفتاح القنوات الفولطية للبوتاسيوم.
- إفراط في الإستقطاب نتيجة تأخر انغلاق القنوات المرتبطة بالفولطية للـ K^+.



مما سبق يمكن أن نستنتج أن كمون العمل المسجل يعود لتغير مؤقت لنفاذية الغشاء لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم بتدخل القنوات البروتينية الفولطية، تعمل المضخة المستهلكة للـ ATP على عودة التراكيز الأيونية لحالتها الأصلية.

- إن من شروط توليد كمون عمل أن يكون التنبيه يساوي أو أكبر من عتبة زوال استقطاب.
- ينتقل كمون العمل على طول الليف العصبي حتى يصل إلى الزر المشبكي.

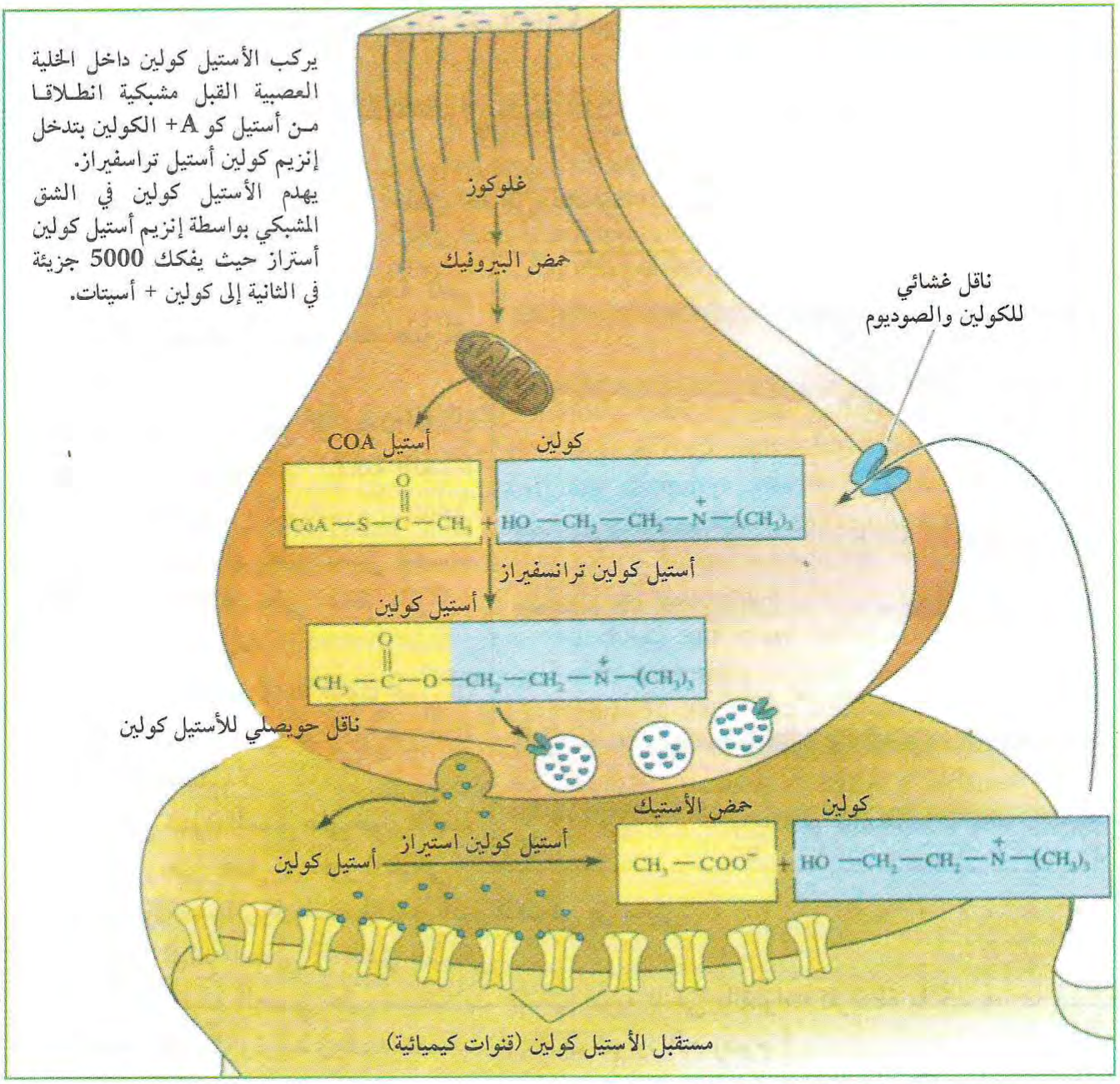
يؤدي وصول موجة زوال استقطاب في الزر المشبكي إلى مايلي:

- تحرير المبلغ العصبي في الشق المشبكي.
- يتثبت المبلغ العصبي على مستقبلات غشائية قنوية تدعى بالقنوات المرتبطة بالكيمياء، مما يسبب انفتاح القنوات وتوليد زوال استقطاب إثر دخول شوارد الصوديوم.
- إن سعة زوال استقطاب الغشاء بعد المشبكي تتوقف على عدد القنوات الكيميائية المستقبلة المفتوحة خلال زمن معين، وبالتالي على تركيز المبلغ العصبي في الشق المشبكي.
- تلعب شوارد الكالسيوم دورا أساسيا في تحرير المبلغ العصبي إذ وصول موجة زوال استقطاب إلى الزر المشبكي يؤدي إلى انفتاح قنوات Ca^{++} المرتبطة بالفولطية، وبالتالي دخول هذه الشوارد إلى هيولة الزر المشبكي يسبب هجرة الحويصلات المشبكية إلى الغشاء قبل المشبكي وتحرير المبلغ العصبي.

ترجمة الرسالة العصبية قبل مشبكية:

إن الرسالة العصبية في مستوى الغشاء قبل المشبكي تكون مشفرة بتغير تواترات كمون العمل التي تتحول في مستوى المشبك إلى تغيرات في كمية المبلغ العصبي الذي بدوره يؤدي إلى توليد رسائل بعد مشبكية مشفرة بتواترات كمون العمل.

المخطط المرفق يبين آلية تركيب وهدم المبلغ الكيميائي.


يركب الأستيل كولين داخل الخلية العصبية القبل مشبكية انطلاقا من أستيل كو A+ الكولين بتدخل إنزيم كولين أستيل تراسفيراز.
يهدم الأستيل كولين في الشق المشبكي بواسطة إنزيم أستيل كولين أستراز حيث يفكك 5000 جزيئة في الثانية إلى كولين + أسيتات.
غلوكوز
حمض البيروفيك
ناقل غشائي للكولين والصوديوم
أستيل COA
كولين
أستيل كولين ترانسفيراز
أستيل كولين
ناقل حويصلي للأستيل كولين
حمض الأستيك
كولين
أستيل كولين استيراز
أستيل كولين
مستقبل الأستيل كولين (قنوات كيميائية)

رسم تخطيطي لمشبك كميائي يظهر ميتابولزم المبلغ الكميائي الأستيل كولين: تركيب وهدم

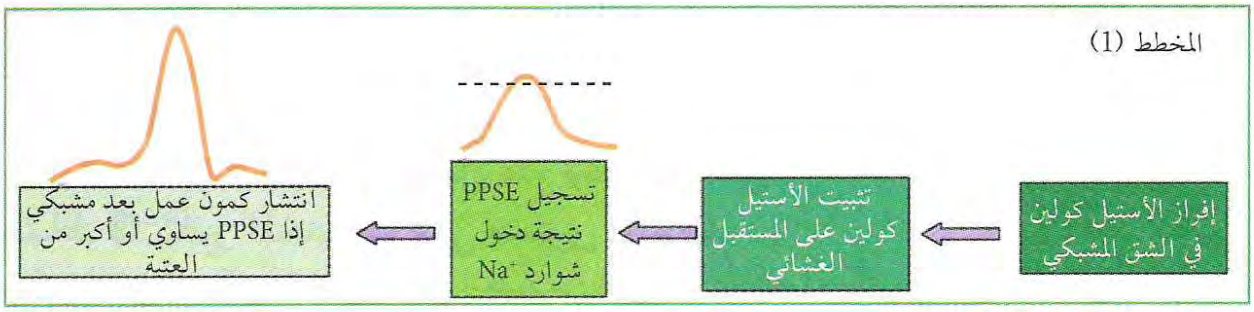
النشاط ❺: آلية الادماج العصبي

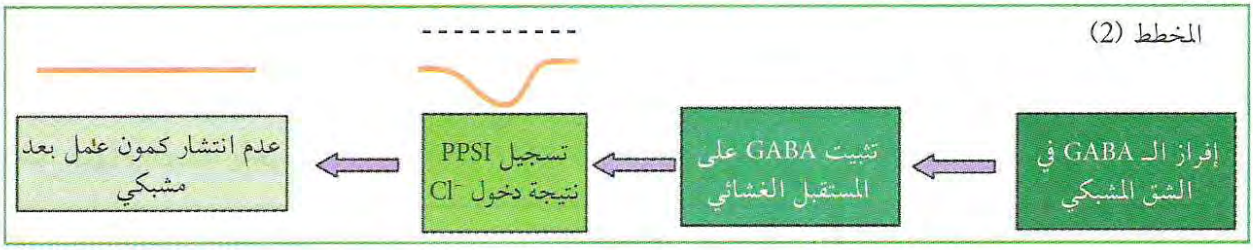
يتصل العصبون بعد المشبكي بعدة مشابك، يتوقف تأثيرها على نوع المبلغ العصبي وتأثيره على الغشاء بعد المشبكي.

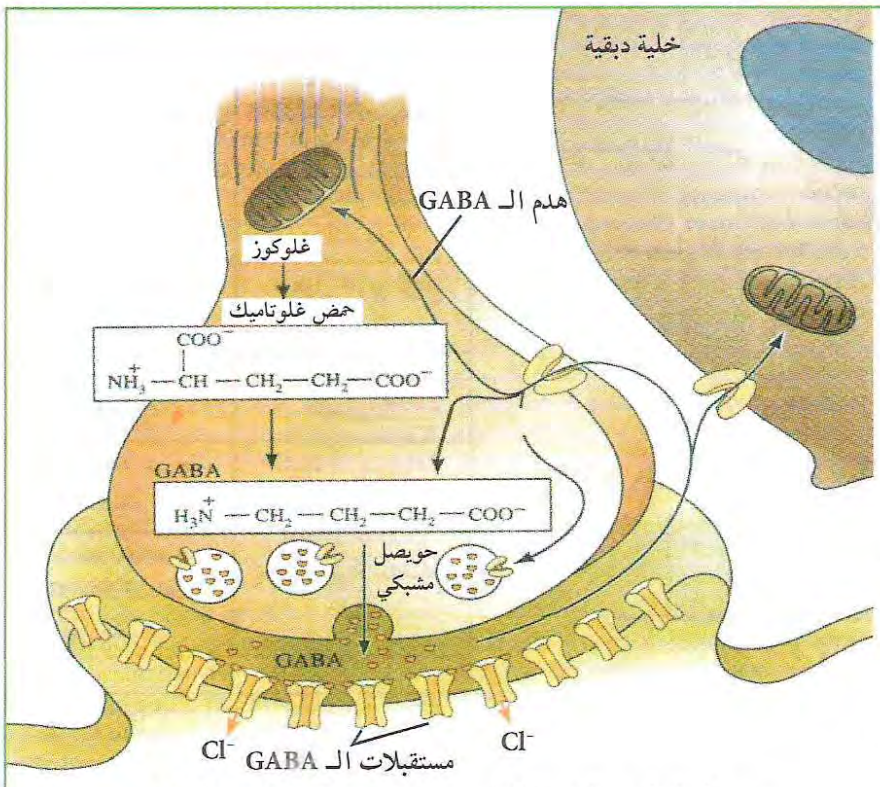
1. أنواع المشابك:

- مشابك تنبيهية: يسبب المبلغ العصبي في هذا المشبك زوال استقطاب الغشاء بعد المشبكي وتوليد كمون بعد المشبكي تنبيهي PPSE، إذا كان يساوي أو أكبر من عتبة زوال استقطاب يؤدي إلى انتشار كمون عمل.
- مشابك تثبيطية: يسبب المبلغ العصبي في هذا المشبك إفراطا في استقطاب الغشاء بعد المشبكي وتوليد كمون بعد المشبكي تثبيطي PPSI.

يمثل المخطط (1 و2) تأثير كل من مبلغ كيميائي منبه (أستيل كولين) ومبلغ كميائي مثبط GABA.


المخطط (1)
إفراز الأستيل كولين في الشق المشبكي
تثبيت الأستيل كولين على المستقبل الغشائي
تسجيل PPSE نتيجة دخول شوارد Na^+
انتشار كمون عمل بعد مشبكي إذا PPSE يساوي أو أكبر من العتبة


المخطط (2)
إفراز الـ GABA في الشق المشبكي
تثبيت GABA على المستقبل الغشائي
تسجيل PPSI نتيجة دخول Cl^-
عدم انتشار كمون عمل بعد مشبكي



رسم تخطيطي وظيفي لآلية عمل مشبك مثبط ذو GABA

عمل المشبك المثبط ذو المبلغ العصبي GABA:

- يحرر الـ GABA بالافراز الخلوي في الشق المشبكي .
- يتثبت الـ GABA على مستقبلات قنوات غشائية في الخلية بعد مشبكية (قنوات كيميائية).
- تنفتح قنوات Cl^- فيدخل إلى الخلية بعد المشبكية ويولد إفراطا في الاستقطاب فيها
- لايهدم الـ GABA في الشق المشبكي بل يمتص من طرف الخلية قبل المشبكية أو الخلية الدبقية عن طريق نواقل خاصة ليستعمل في حلقة كربس بعد تحويله إلى حمض السكسنيك.

2. الادماج العصبي:

يدمج العصبون بعد المشبكي مختلف الكمونات بعد المشبكية ويكون هذا التجميع:

- تجميع فضائي: إذا كانت كمونات قبل المشبكية مصدرها مجموعات من النهايات العصبية والتي تصل في الوقت نفسه لمشبك العصبون قبل مشبكي.
- تجميع زمني: إذا وصلت مجموعة من كمونات العمل المتقاربة من نفس الليف قبل مشبكي

ملاحظة: نتحصل على كمون عمل إذا بلغ مجمل الكمونات التنبيهية والتثبيطية أثناء الادماج عتبة توليد كمون العمل بينما إذا كانت المحصلة أقل من العتبة فلا يتولد كمون عمل.

أي: PPSE+PPSI > عتبة كمون العمل: تولد كمون عمل وانتشاره.

PPSE+PPSI < عتبة كمون العمل: عدم تولد كمون عمل.

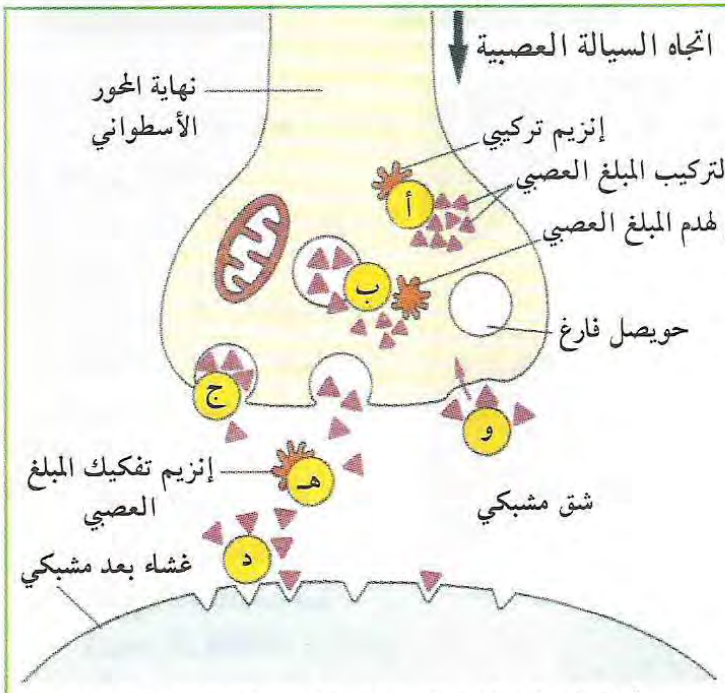
النشاط ❻: تأثير المخدرات على مستوى المشابك

يمكن للنقل المشبكي أن يختل بتدخل العديد من الجزيئات المستعملة بكثرة في الوقت الحالي، إما لأغراض طبية أو في حالة الإدمان، وذلك تحت تأثير المخدرات.

إن آلية النقل المشبكي آلية حساسة يمكنها أن تختل في أي مرحلة من مراحلها.

يبين جدول الوثيقة التالية أهم مراحل النقل المشبكي ومختلف المستويات التي يمكن للمخدرات أن تتدخل فيها والممثلة بأحرف.

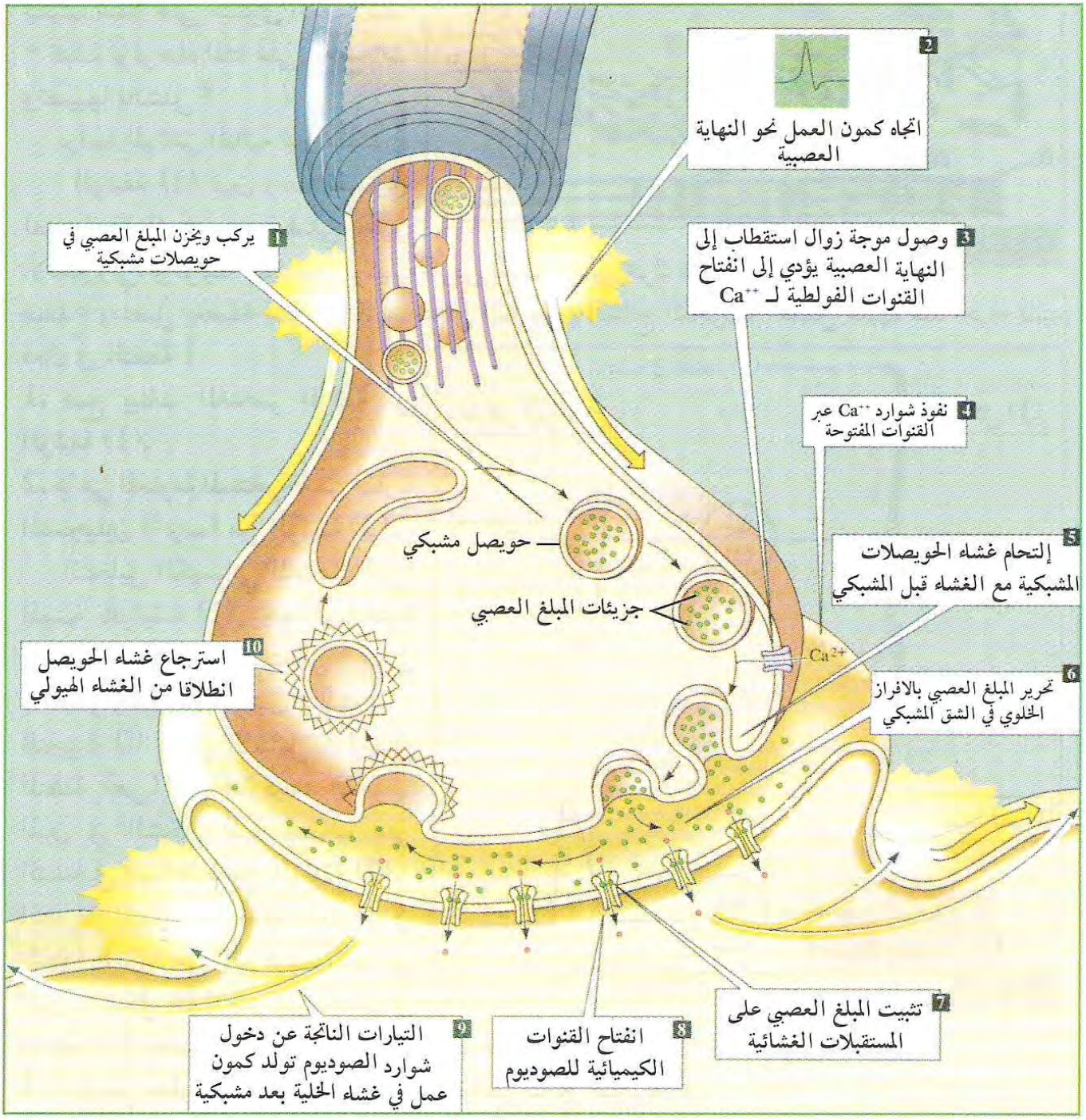
مراحل النقل المشبكي	الخلل الذي تسببه المخدرات
أ-تركيب المبلغ العصبي	تثبيط الأنزيمات التركيبية انطلاقا من المادة الأولية
ب- تخزين في الحويصلات	خروج غير طبيعي للمبلغ
ج- تحرير المبلغ في الشق المشبكي	تعطيل تحرير المبلغ الكيميائي
د- تثبيت على الستقبل القنوي	تعطيل عمل المستقبل (حصره)
هـ- إماهة سريعة للمبلغ	تثبيط أنزيم إماهة المبلغ الكيميائي
و- إعادة امكتصاص المبلغ منطرف الخلية قبل مشبكية	تعطيل عودة امتصاص المبلغ



رسم تخطيطي لمختلف المستويات التي تؤثر عليها المخدرات في مستوى المشابك

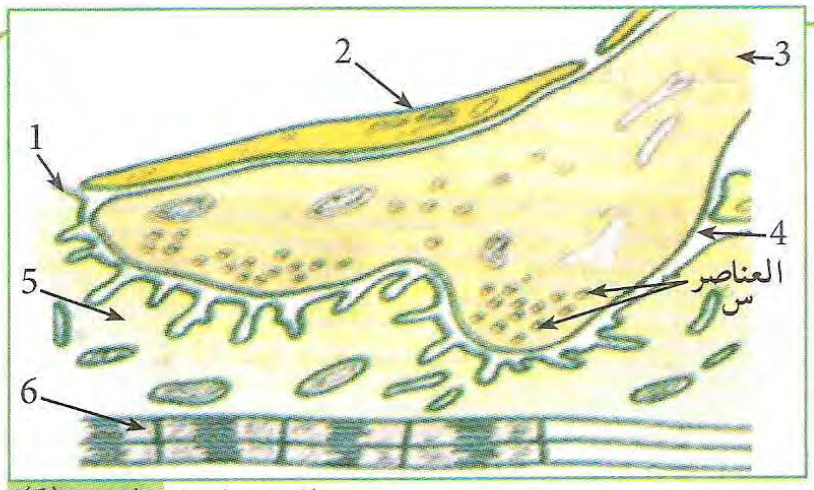
مخطط تحصيلي

يمثل المخطط التحصيلي التالي آلية النقل العصبي على مستوى المشبك ودور البروتينات فيها


2
اتجاه كمون العمل نحو النهاية العصبية
1 يركب ويخزن المبلغ العصبي في حويصلات مشبكية
3 وصول موجة زوال استقطاب إلى النهاية العصبية يؤدي إلى انفتاح القنوات الفولطية لـ Ca^{++}
4 نفوذ شوارد Ca^{++} عبر القنوات المفتوحة
حويصل مشبكي
5 إلتحام غشاء الحويصلات المشبكية مع الغشاء قبل المشبكي
جزيئات المبلغ العصبي
Ca^{2+}
10 استرجاع غشاء الحويصل انطلاقا من الغشاء الهيولي
6 تحرير المبلغ العصبي بالافراز الخلوي في الشق المشبكي
7 تثبيت المبلغ العصبي على المستقبلات الغشائية
8 انفتاح القنوات الكيميائية للصوديوم
9 التيارات الناتجة عن دخول شوارد الصوديوم تولد كمون عمل في غشاء الخلية بعد مشبكية

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1



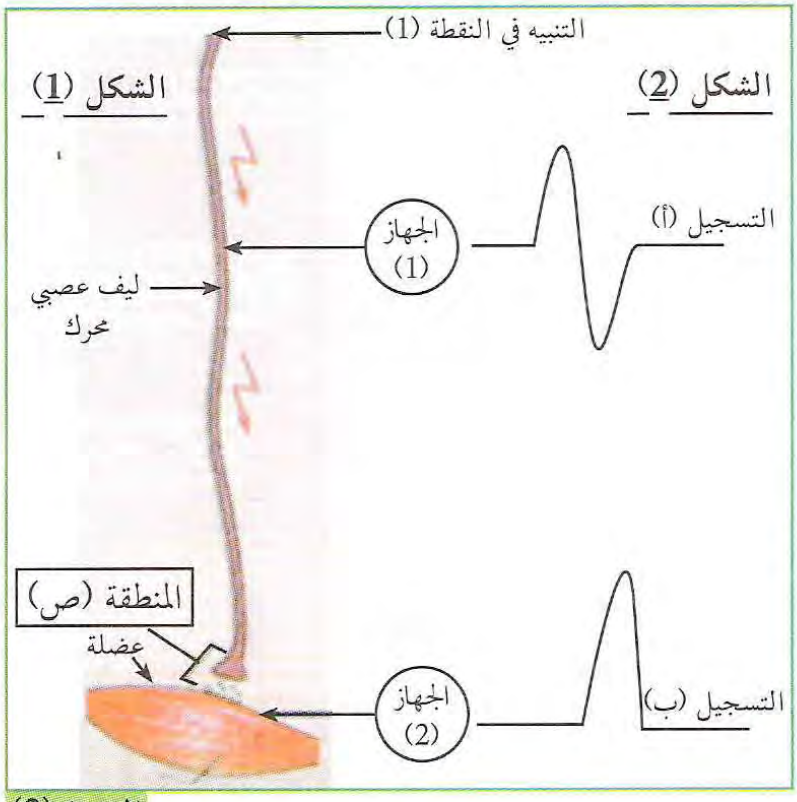
الوثيقة (1) اللوحة المحركة

استعمل الهنود الحمر الرماح المطلية بالكورار في صيد الحيونات والتي تسبب شللا على مستوى العضلات.

- كيف تؤثر هذه المادة على العضلات وتصيبها بالشلل ؟

دراسة الوثائق التالية تبين ذلك:

الوثيقة (1) تبين رسم تفسيري لصورة مشبك عصبي- عضلي بالمجهر الالكتروني، والوثيقة (2) تبين تركيب تجريبي لليف عصبي محرك معزول من ضفدع ومتصل بعضلة (شكل 1)، أما شكل (2) فيبين النتائج التجريبية المحصل عليها عند اجراء تنبيه فعال في النقطة 1.



الوثيقة (2)

1. ضع بينات العناصر المرقمة من الوثيقة (1).

2. ما هي المعلومة المستخرجة من مقارنة التسجيلين (أ وب) من الوثيقة (2).

التحليل الكيميائي للعناصر (س) المبينة بالوثيقة (1) وجد أنها غنية بالأسيتيل كولين، نستعمل محتوى العناصر ونجري التجربتين التاليتين:

التجربة (أ): حقن الأستيل كولين في المنطقة (ص) من التركيب التجريبي المبين في الشكل (2)، تحصلنا على التسجيل (ب) فقط من الوثيقة (2).

التجربة (ب): حقن مادة الكورار في المنطقة (ص) من التركيب التجريبي المبين الشكل (2) مع تنبيه فعال في النقطة (1)، تحصلنا على التسجيل (أ) فقط من الوثيقة (2).

1. استعمل معلوماتك حول عمل المشبك، وفسر نتائج التجربة (أ).

2. ماذا تستنتج من مقارنة نتائج التجربة (أ) بنتائج التجربة (ب) ؟

3. مثل برسم توضح فيه العلاقة الموجودة بين جزيئات الكورار والبروتينات الغشائية في المنطقة (ص).

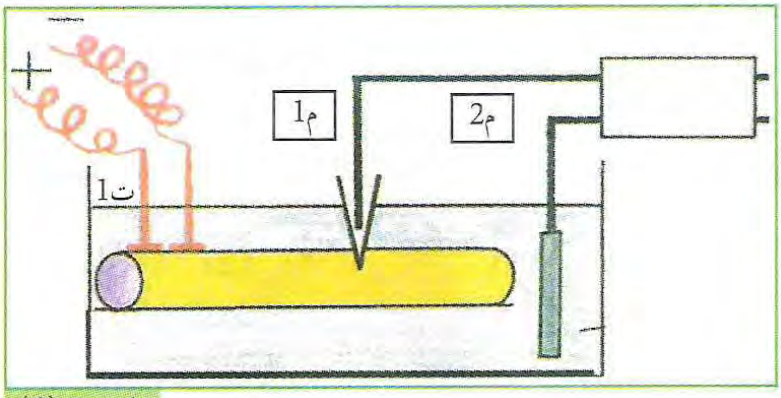
4. هل تمكنك النتائج المتوصل إليها من تفسير كيفية حدوث الشلل بتأثير مادة الكورار ؟ وضح ذلك.

التمرين 2

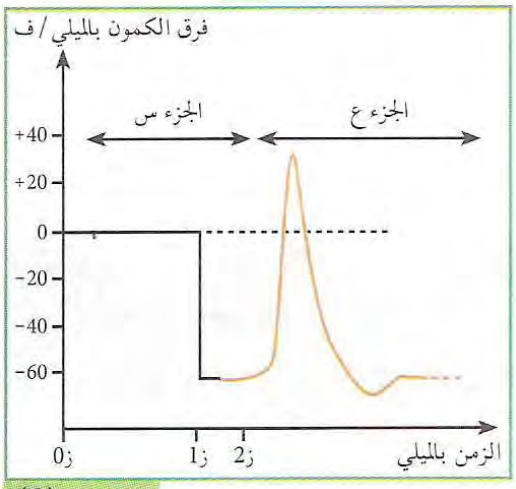
1) لتحديد طبيعة الرسالة العصبية تجرى الدراسة التالية باستعمال ليف عصبي للكلمار:

- ننجز التركيب التجريبي الممثل بالوثيقة (1) في الزمن ز0 نضع الألكترود م1 على سطح المحور الأسطواني.
- في الزمن ز1 ندخل الالكترود في المحور الأسطواني.
- في الزمن ز2 ننبه المحور تنبيها فعالا.

النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة (2).



الوثيقة (1)



الوثيقة (2)

1. حلل الجزء (س) من الوثيقة (2)، وماذا تستنتج ؟

2. ماذا يمثل الجزء (ع) من الوثيقة (2) ؟ علل الاجابة.

3. حلل الظاهرة الممثلة بالجزء (ع)، وماذا تستنتج ؟

الوثيقة (3) تبين هجرة شوارد الصوديوم والبوتاسيوم بين الوسط الخارجي والداخلي التي ترافق الجزء (ع) من الوثيقة (2).

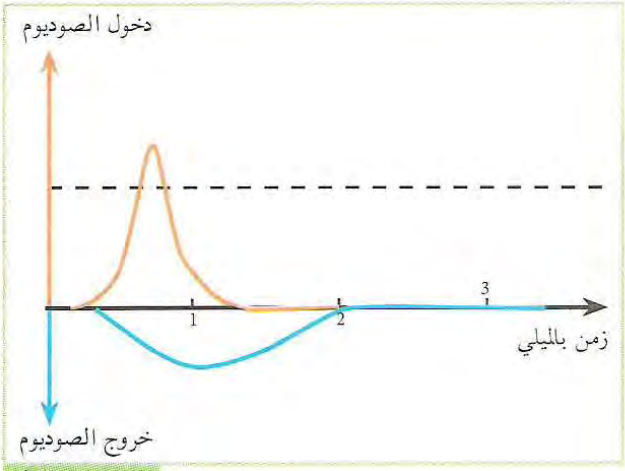
4. قدم تفسيرا كيميائيا للجزء (ع) معتمدا على نتائج الوثيقة (3).

5. ماذا تستخلص فيما يخص طبيعة السيالة العصبية ؟

2) تمثل الوثيقة (4) نتائج تجارب أجريت على الليف العصبي العملاق للكلمار (أعمال هودكين وكاتز) حيث تم وضعه في ثلاثة أوساط مختلفة:

- الوسط (1) به ماء بحر يحتوي على شوارد الصوديوم (453 ميلي مول / ل).
- الوسط (2) به 50% ماء بحر و50% محلول غلوكوزي.
- الوسط (3) به 33 % ماء بحر و67% محلول غلوكوزي.

النتائج التجريبية موضحة في منحنيات الوثيقة (4).

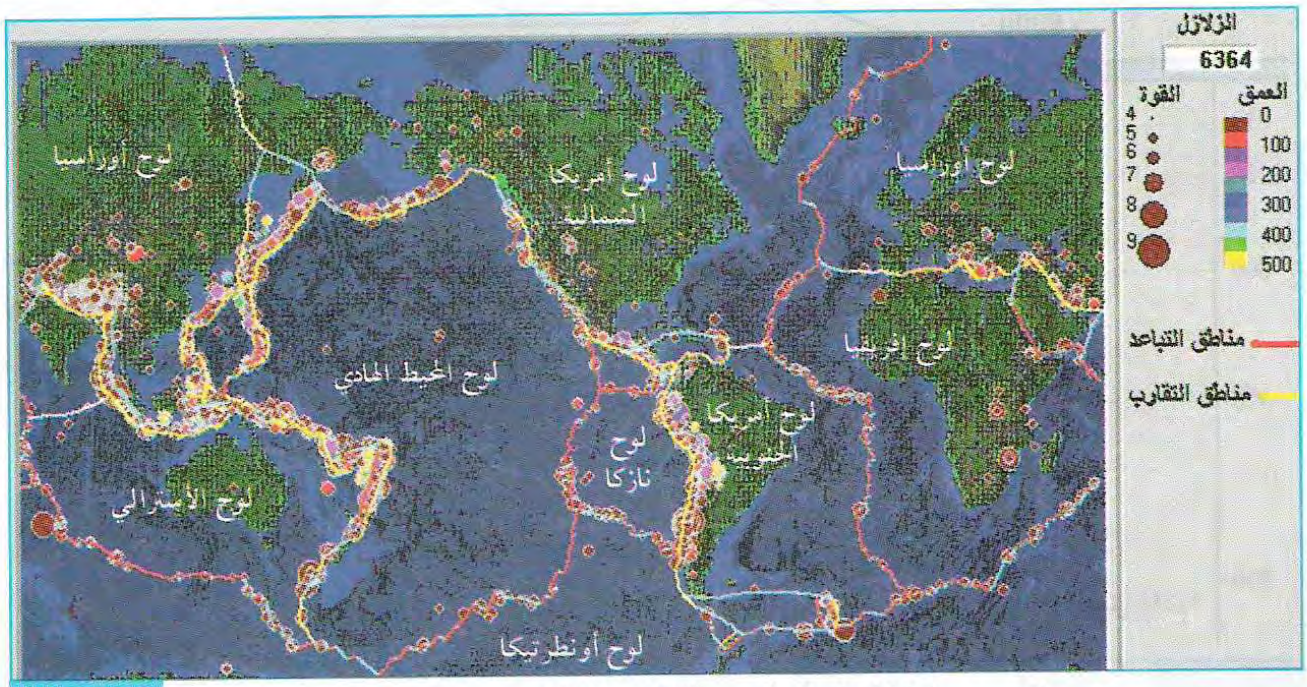


الوثيقة (3)

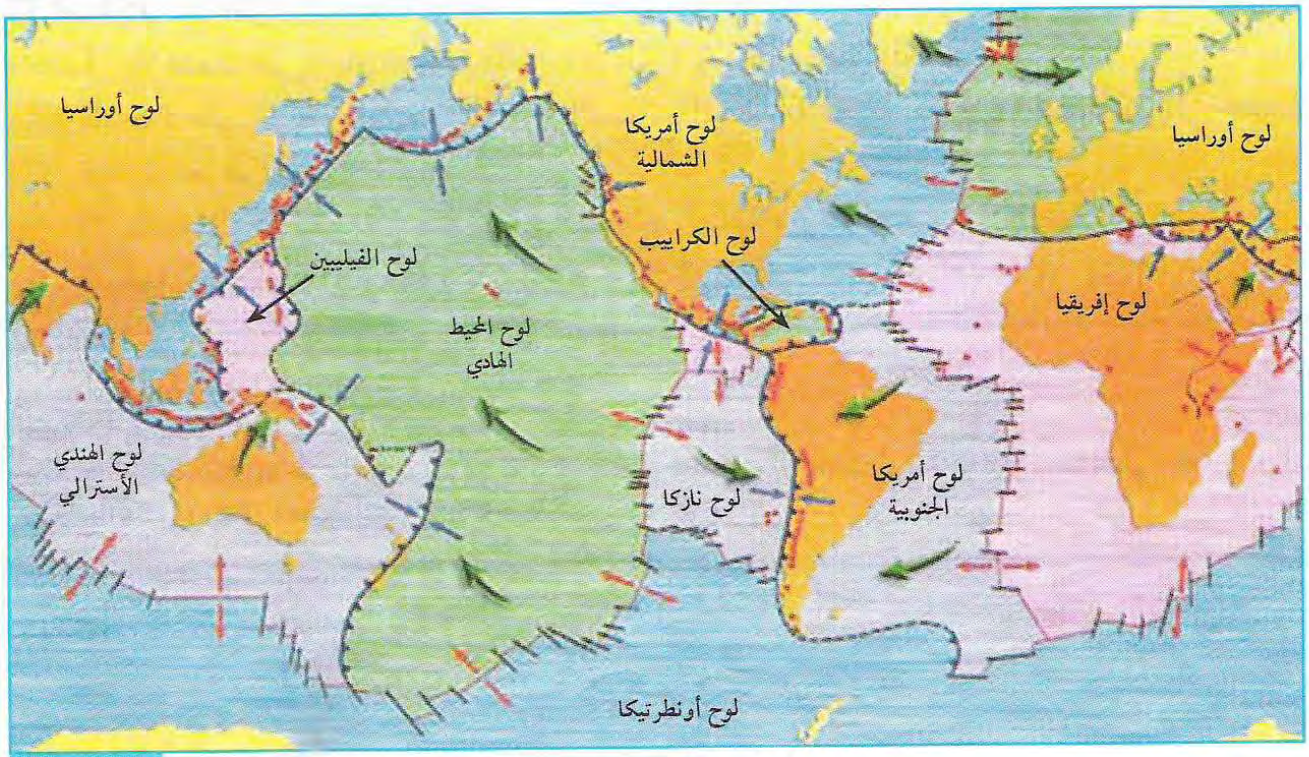
❸ توزيع مناطق الغوص في العالم

تتوزع مناطق الغوص في العالم بصفة عامة على مستوى حدود الألواح التكتونية المتقاربة حيث تدخل الصفيحة المحيطية تحت الصفيحة القارية أو صفيحة محيطية أخرى.

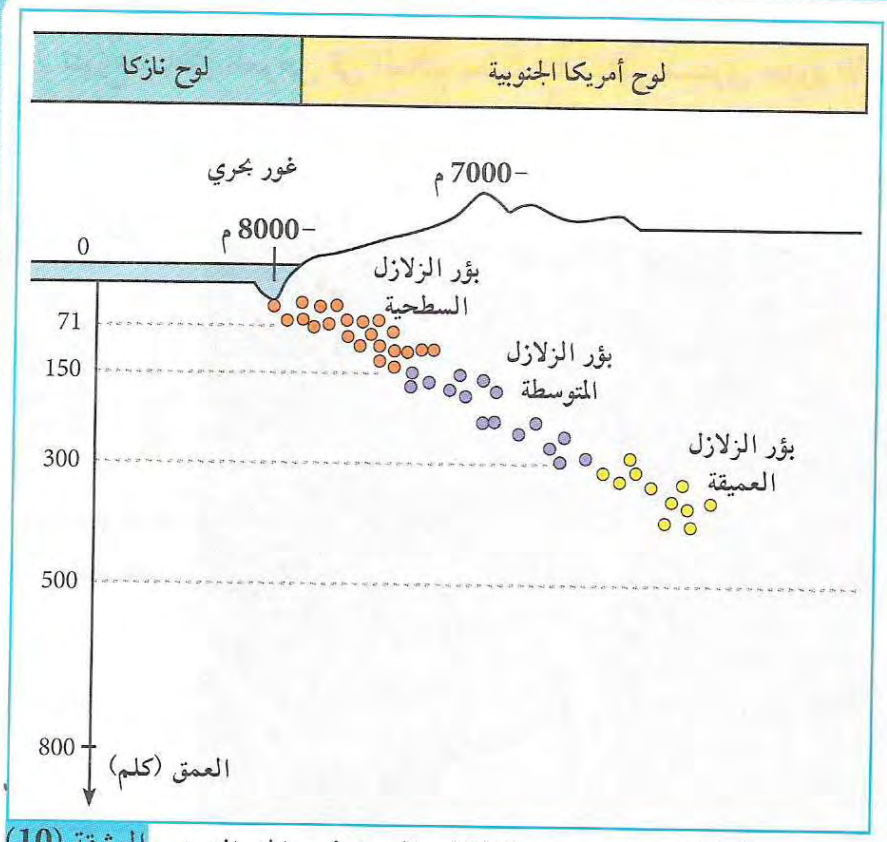
تبين الوثيقتان (8 و9) أنواع حدود الصفائح التكتونية وحركتها بالنسبة لبعضها البعض.



الوثيقة (8) خريطة توزيع الزلازل في العالم بين 1960 و2007 عن مبرمج Seismic eruption



الوثيقة (9) خريطة تبين العلاقة بين توزيع الزلازل في العالم وحدود الصفائح التكتونية



العلاقة بين توزيع بؤر الزلازل والعمق في مناطق الغوص **الوثيقة (10)**

تبين الوثيقة المقابلة توزع بؤر الزلازل من المحيط إلى القارة على مستوى الحافة الغربية لأمريكا الجنوبية والظواهر المرتبطة بها.

استغلال الوثائق:

1. بالإعتماد على دليل الوثيقة (8) حدد على الخريطة مناطق الغوص.
2. حدد على خريطة الوثيقة (9) نوع الصفائح المتقاربة (قارية، محيطية) التي أدت إلى حدوث ظاهرة الغوص.
3. باستغلال الوثيقة (9) حدد أنواع الصفائح الطافية ونوع الصفيحة الغائصة.
4. حلل الوثيقة (10)، ماذا تستنتج.

معلومات مفيدة

مبرمج **Seismic eruption**: هو مبرمج يسمح بمعرفة مواقع الزلازل والبراكين التي حدثت منذ 1960 إلى يومنا الحالي وعلاقتها بحركة الصفائح التكتونية ، يمكن الحصول عليه من الأنترنيت.

النشاط 5

اختفاء اللوح المحيطي والظواهر المرتبطة بالغوص

تبين مما سبق أن تقارب لوحين محيطيين أو لوح محيطي مع لوح قاري يؤدي إلى غوص اللوح المحيطي في البرنس

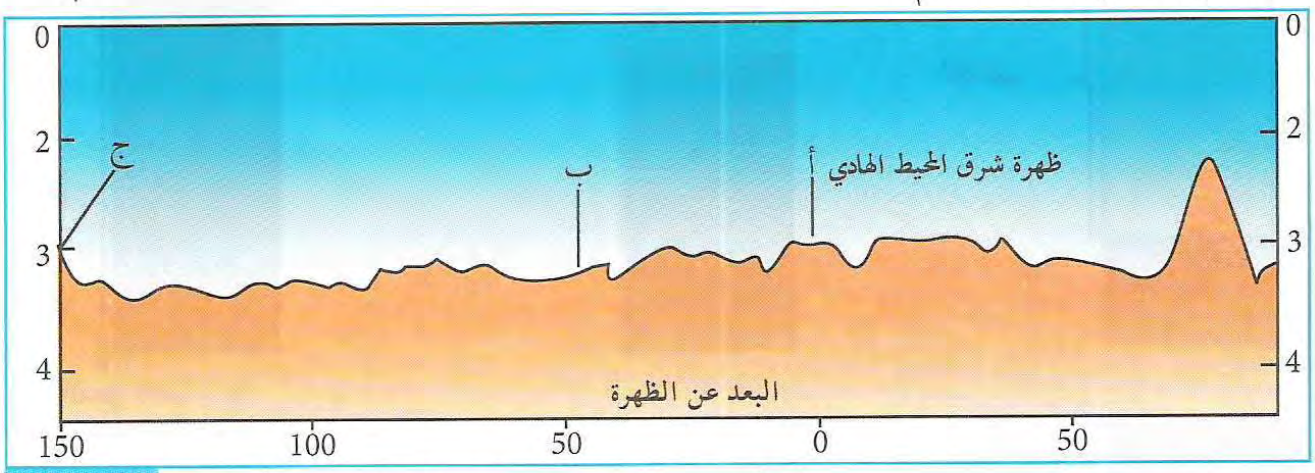
➢ **ما هي الظواهر الجيولوجية الناتجة عن هذه العملية ؟**

❶ تطور الليتوسفير المحيطي

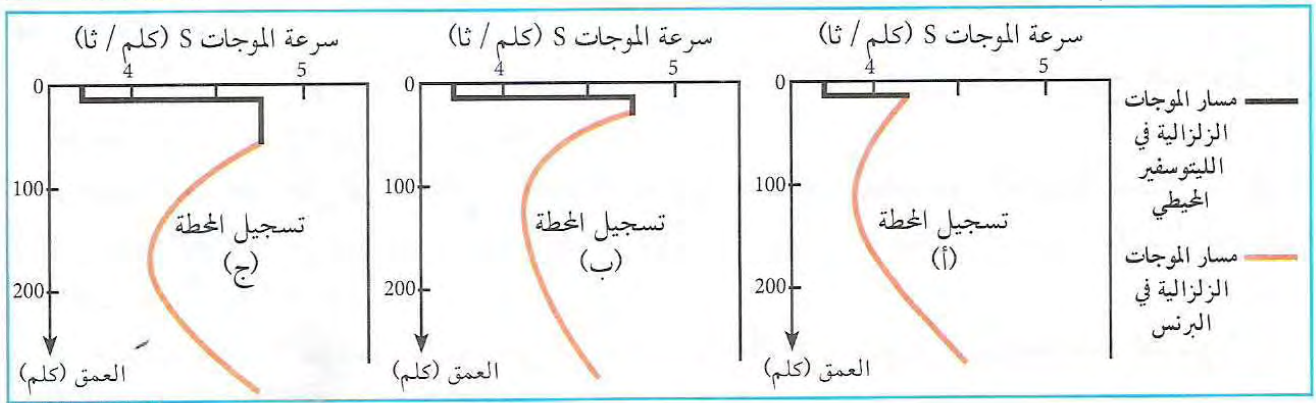
يتغير سمك الليتسفسر المحيطي عند ابتعاده من الظهرة وذلك تبعا لتبلور معادنه وتشبعه بالماء.

بينت الدراسات المحيطية لقشرة المحيط الهادي أن درجة حرارة اللوح المحيطي تتناقص كلما ابتعدنا عن الظهرة.

تبين الوثائق الموالية موقع ثلاث محطات (أ، ب، ج) لتسجيل الموجات الزلزالية S، حيث تقع المحطة (أ) على مستوى محور الظهرة، المحطة (ب) على مسافة 50 كلم منها، أما المحطة (ج) فتبعد عن محور الظهرة بـ 150 كلم.

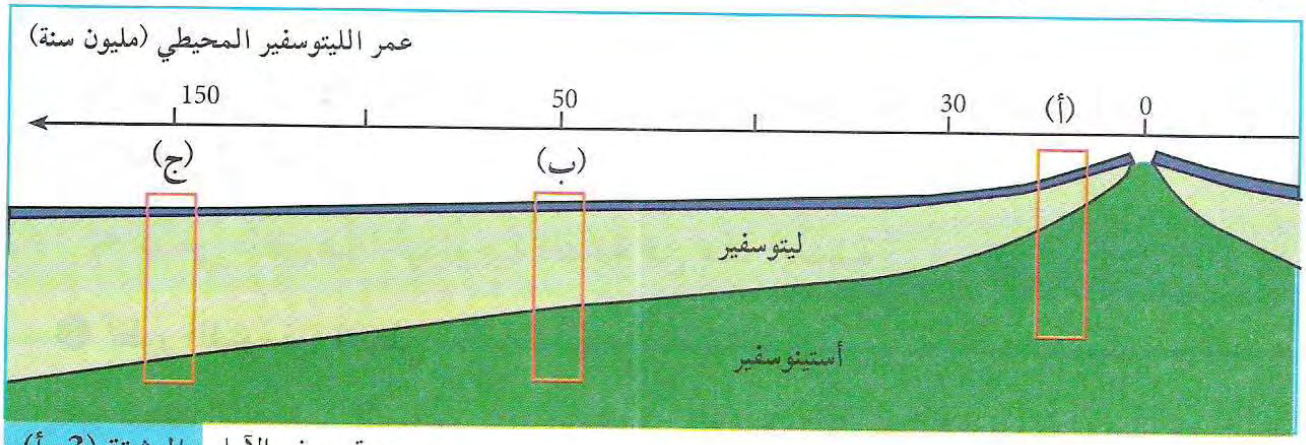


الوثيقة (1) مقطع في عمق البحر يبين موقع محطات التسجيل (أ، ب، ج)

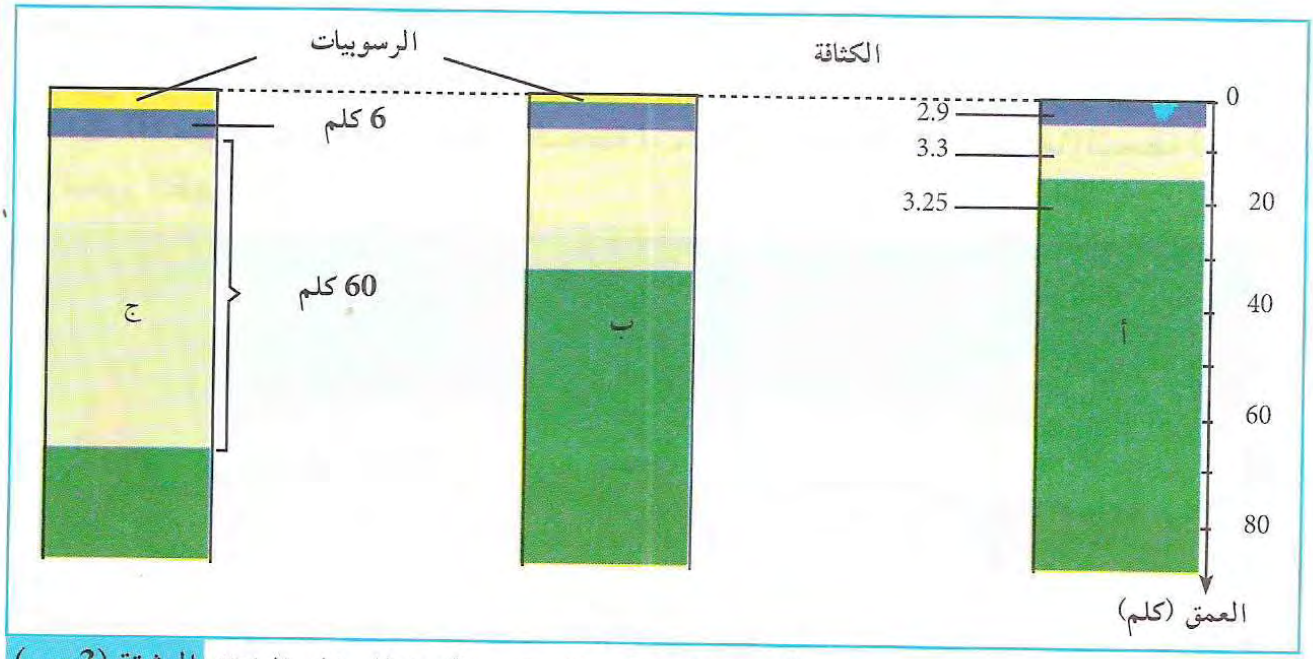


الوثيقة (2) تسجيل انتشار الموجات الزلزالية S في المناطق الثلاث

تبين الوثيقة الموالية نتائج حفر آبار (Forages) على مستوى المحطات الثلاثة، حيث تم الحصول على ثلاثة أعمدة صخرية.



موقع حفر الآبار **الوثيقة (3-أ)**



أعمدة تمثل مختلف الصخور المكونة للمناطق الثلاثة **الوثيقة (3-ب)**

استغلال الوثائق:

1. حدد التغيرات التي طرأت على مسار الموجات الزلزالية S على مستوى اللوح المحيطي في المحطات (أ، ب، ج) من الوثيقة (2).
2. حدد التغيرات التي طرأت على القشرة المحيطية عند ابتعادها من الظهرة، ماذا تستنتج ؟
3. ما هي العلاقة بين تغير مسار الموجات الزلزالية S وسمك الطبقات المكونة للقشرة المحيطية (الوثيقتان 2 و3) ؟
4. أحسب معدل كثافة اللوح المحيطي في العمودين (أ) و(ج)، ثم قارن بينهما، ماذا تستنتج ؟
5. استنتج تأثير الكثافة على عملية الغوص.

❷ دراسة الصخور المميزة لمناطق الغوص

يتشكل كل من الغرانوديوريت والأنديزيت على مستوى مناطق الغوص.

تبين الوثائق الموالية دراسة بتروغرافية بالعين المجردة وبالمجهر لصخري الغرانوديوريت والأنديزيت.

صورة لعينة من صخر الغرانوديوريت **الوثيقة (4)**

صورة لشريحة صخر الغرانوديوريت تحت المجهر المستقطب بالمحلل **الوثيقة (5)**

صورة لعينة من صخر الأنديزيت بالعين المجردة **الوثيقة (6)**

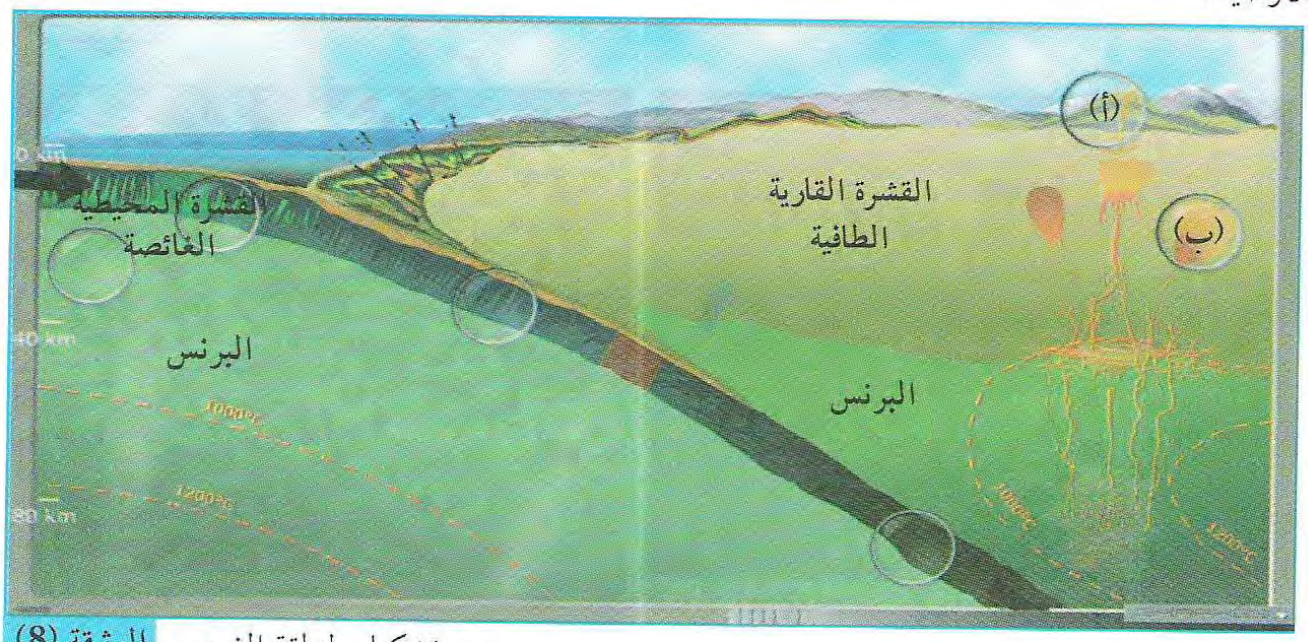
صورة لشريحة صخر الأنديزيت تحت المجهر المستقطب بالمحلل **الوثيقة (7)**

➲ استغلال الوثائق:

1. بالاعتماد على الوثيقتين (4، 6) قارن بين عينتي الغرانوديوريت والأنديزيت
2. بالاعتماد على الوثيقتين (5 و7) والملاحظة المجهرية، قارن بين نسيج المعادن المكونة للغرانوديوريت والأنديزيت، ماذا تستنتج ؟

❸ العلاقة بين منشأ صخور مناطق الغوص وبنيتها النسيجية

تؤدي ظاهرة الغوص إلى تشكل صخري الأنديزيت والغرانوديوريت في منطقتين مختلفتين من القشرة الأرضية.



الوثيقة (8) رسم تشكيلي لمنطقة الغوص

انطلاقا من نمذجة الفانيلين (نشاط صفحة 285) والمقارنة السابقة للصخرين:

1. حدد منشأ صخري الغرانوديوريت والأنديزيت في المنطقة المناسبة (أ وب) من الوثيقة (8)، مع التعليل.
2. حدد مصدر الماغما المكون لصخري الغرانوديوريت والأنديزيت.

❹ مقارنة بين التركيب الكيميائي للصخور الناشئة عن عملية الغوص والصخور الناشئة عن عمليات البناء

	مناطق الغوص	مناطق البناء	
التركيب الكيميائي	الأنديزيت-الغرانوديوريت %	البازلت %	البيريدوتيت %
SiO_2	57.64	49.81	44
TiO_2	0.82	1.08	0.2
Al_2O_3	17.30	17.17	2
$Fe_2O_3 + Fe_3O_4$	7.15	11.89	8.5
MgO	3.63	6.08	42
CaO	7.20	9.81	3
Na_2O	3.22	2.76	0.3
K_2O	1.51	0.90	0.1
H_2O	0.30	0.30	0
المجموع	98.77	99.8	99.8

الوثيقة (9) النسب المئوية لأكاسيد صخور مناطق الغوص والبناء

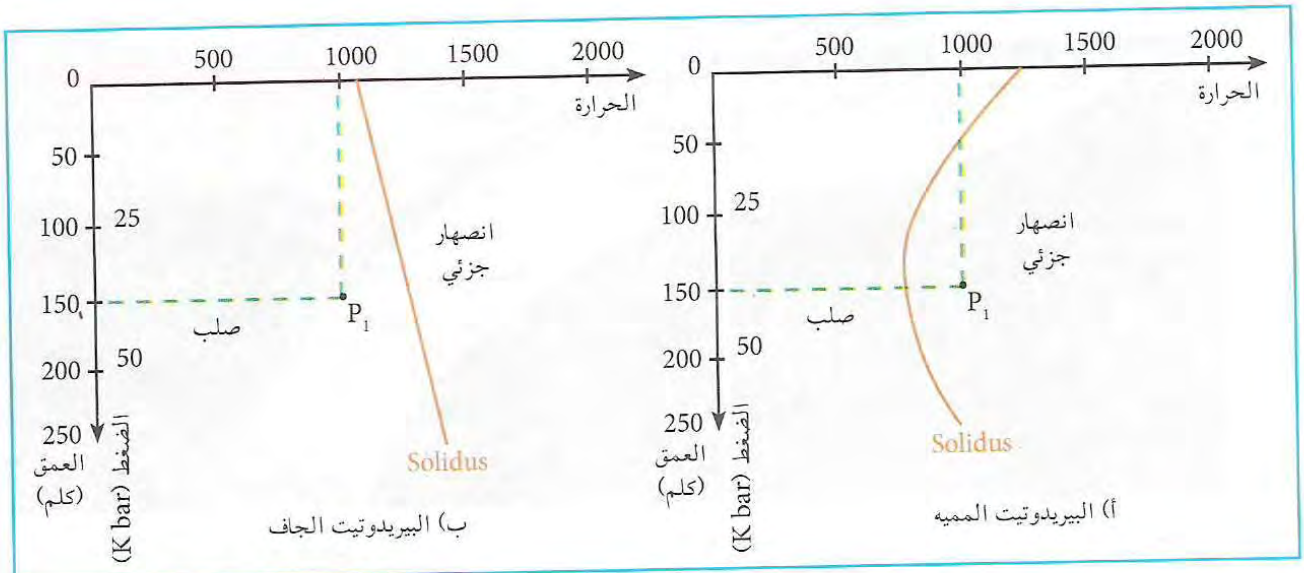
تتشابه مناطق البناء مع مناطق الغوص في كونها مناطق تجدد القشرة الأرضية، وتكوين الصخور النارية، وتختلف في التراكيب الكيميائية.
يبين جدول الوثيقة (9) نسب الأكاسيد المكونة لصخور مناطق الغوص ومناطق البناء.

استغلال الوثائق:

1. قارن بين الأكاسيد المكونة لصخور مناطق الغوص وأكاسيد صخور مناطق البناء.
2. ما هو سبب الاختلاف في التركيب الكيميائي بين صخور مناطق الغوص ومناطق البناء ؟
3. ما هي العلاقة بين التركيب الكيميائي للماغما ونوعية البراكين ؟

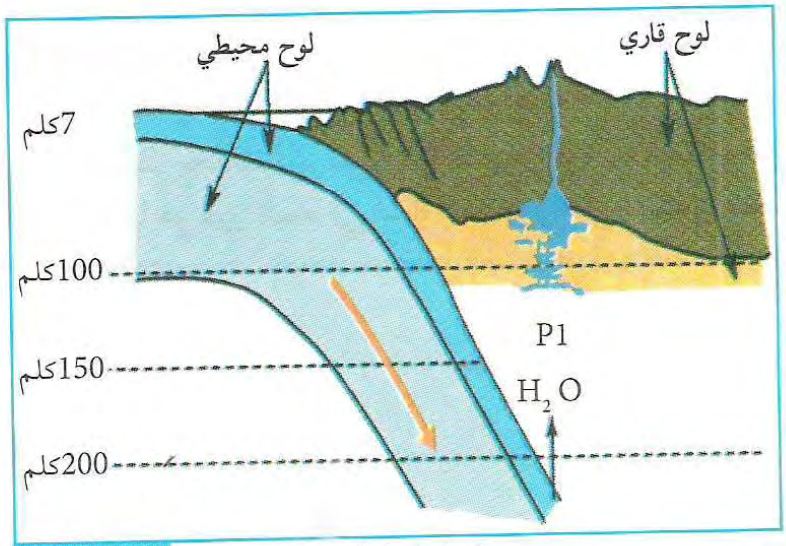
5 ظروف انصهار بيريدوتيت برنس اللوح الطافي على مستوى مناطق الغوص

تنشأ الصخور على مستوى مناطق الغوص من الانصهار الجزئي للبيريدوتيت في ظروف فيزيائية وكيميائية مختلفة. بيّن انصهار قطع من البريدوتيت مخبريا في حالة وجود الماء (أ) وغيابه (ب) النتائج المبينة في الوثيقة (10)



الوثيقة (10) منحنيات تبين بداية انصهار البيريدوتيت في ظروف فيزيائية وكيميائية مختلفة

استغلال الوثائق:



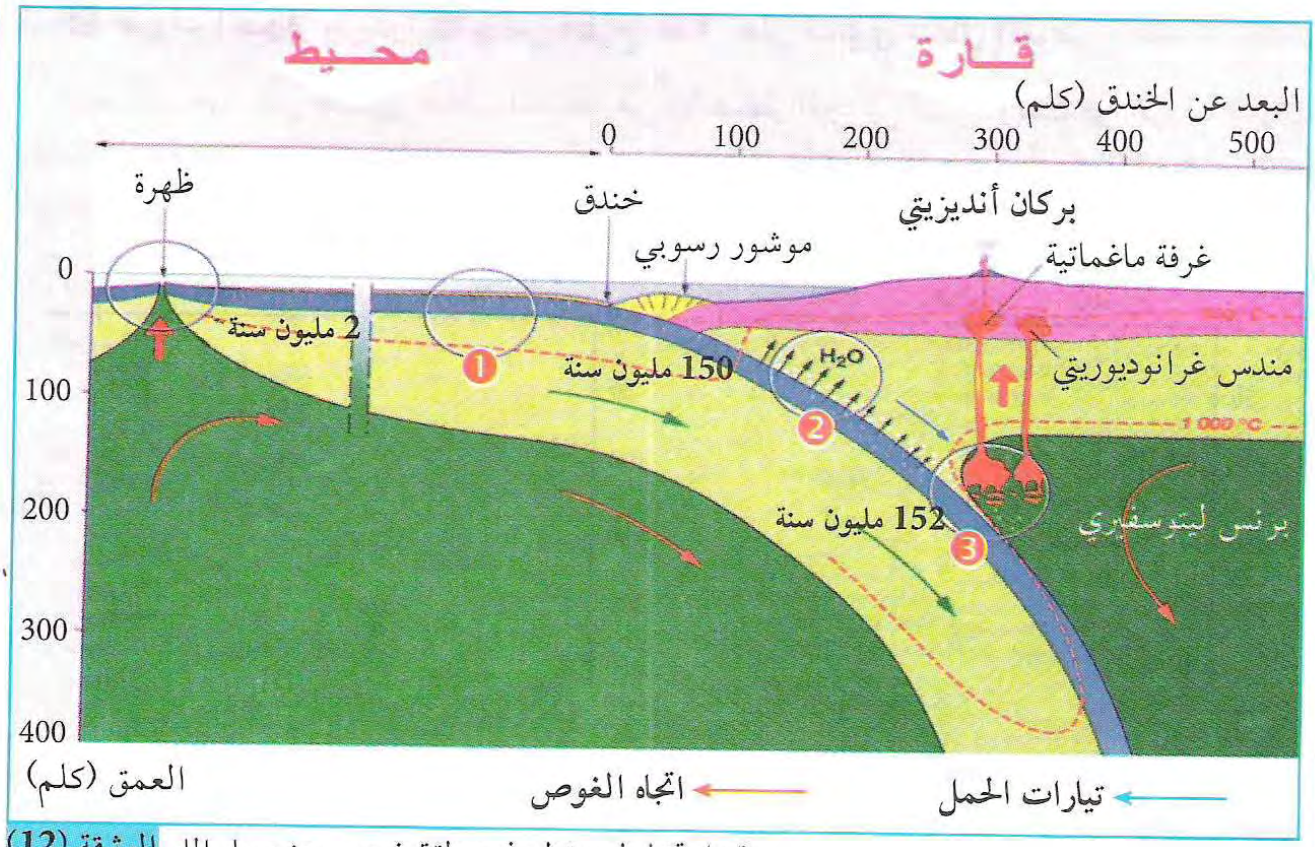
الوثيقة (11) تمثيل تخطيطي لمنطقة غوص

1. حدد منشأ البريدوتيت المنصهر بالاستعانة بالوثيقة (8).
2. حدد الظروف الفيزيائية التي تتواجد فيها النقطتن P1 وP2.
3. استخرج الحالة الفيزيائية للبيريدوتيت في الحالة (أ) P1 والحالة (ب) P2، علل النتائج المتوصل إليها.
4. استخرج من الوثيقة (11) الحالة الفيزيائية لبرنس اللوح الطافي في الموقع P1، علل إجابتك.

⑥ مصدر الماء في البيريدوتيت المنصهر

بينت الدراسات أنه يمكن لبيردوتيت برنس الصفيحة الطافية أن ينصهر بوجود الماء، فما هو مصدر الماء الموجود في الصخور ؟ وما هي تأثيراته ؟

يسلك الماء أثناء ظاهرة الغوص مسارا معينا كما تبينه الوثيقة الموالية.

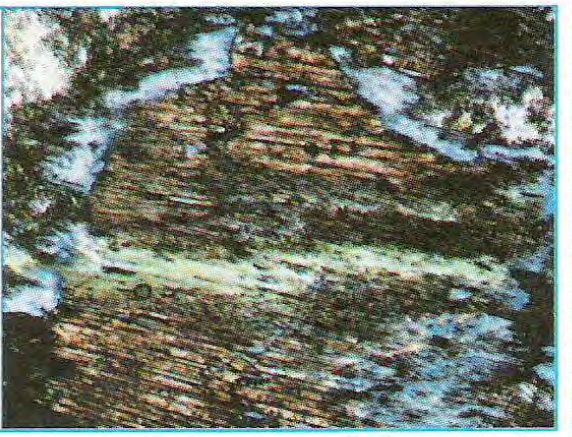


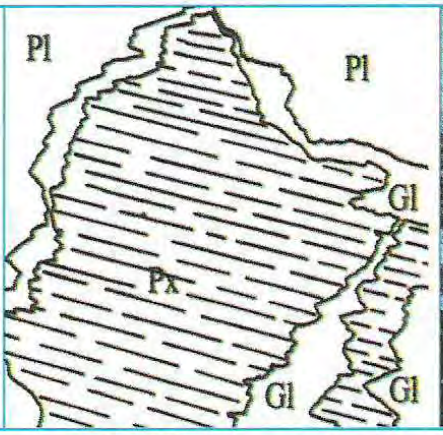
الوثيقة (12) تمثيل تخطيطي مقطع في منطقة غوص يبين مسار الماء

استغلال الوثائق:

1. ماذا يحدث للقشرة المحيطية عندما تغوص تحت القشرة القارية ؟
2. ماذا يحدث للبرنس الليتوسفيري في منطقة الغوص ؟
3. ما هو دور الماء في نشأة الصخور على مستوى مناطق الغوص ؟

تنتج الصخور المتحولة المميزة للحواف النشطة عن تحولات بازلت وغابرو اللوح الغائص حيث تمثل الوثائق (13، 14و15) على التوالي عينات أخذت من المناطق (1، 2 و3) من الوثيقة (12)، والتي توضح التغيرات المعدنية التي تحدث في مستويات مختلفة من الصفيحة المحيطية الغائصة.

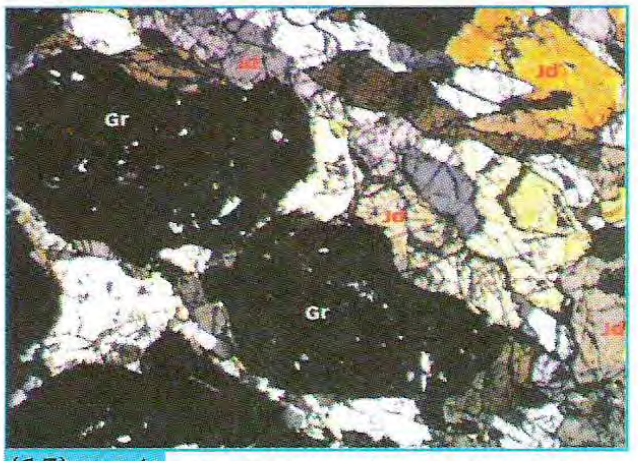




Q + الكوارتز
Pl = فلدسبات بلاجيوكلاز
Px = بيروكسين
Jd = جاديت
Gl = غلوكوفان
Gr = غرونا
Ep = إبيدوت

أ) صورة لشريحة الميتاغابرو تحت المجهر المستقطب ب) مخطط تفسيري لشريحة الميتاغابرو تحت المجهر المستقطب **الوثيقة (13)**

صورة لشريحة الشست الأزرق تحت المجهرالمستقطب **الوثيقة (14)**



صورة لشريحة الإكلوجيت تحت المجهر المستقطب **الوثيقة (15)**

استغلال الوثائق:

1. بالاعتماد على دراسة معادن الصخور المميزة لمناطق التباعد، قارن في جدول بين المعادن المكونة للقابرو والميتاغابرو. ماذا تستنتج ؟
2. قارن بين البنية النسيجية المتاغابرو والشست الأزرق من حيث تنظيم وشكل المعادن (Pl، Gl)، ثم اقترح تفسيرا لهذا التنظيم.
4. قارن بين الشست الأزرق والايكولوجيت من حيث التركيب المعدني والبنية النسيجية.

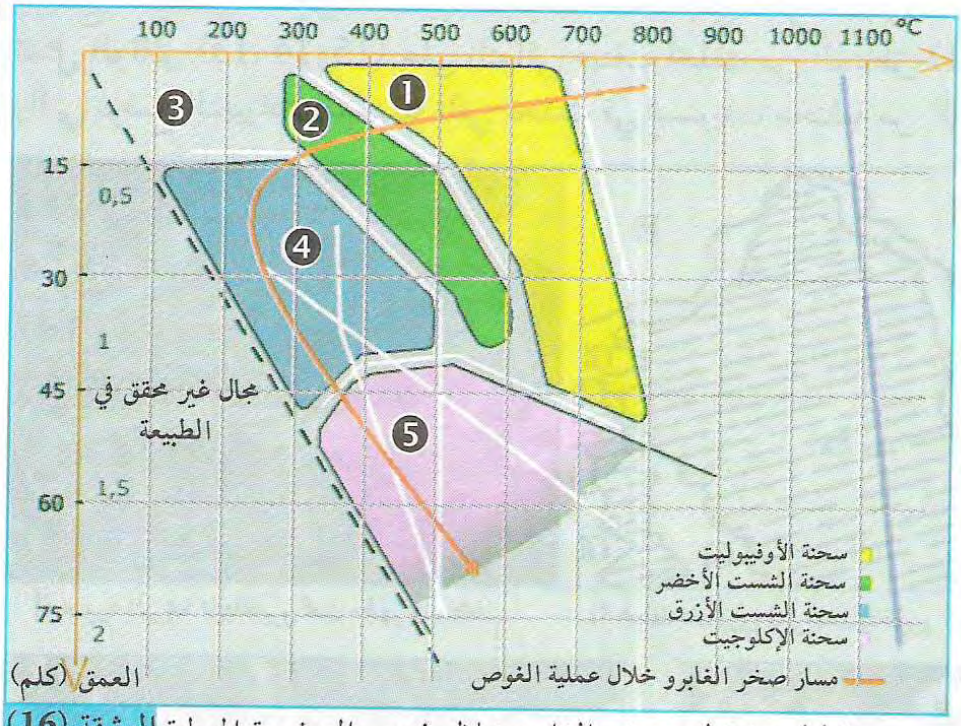
معلومات مفيدة

- **غلوكوفان (glaucophane)**: معدن من عائلة الأومفيبول يميز الضغط العالي، لونه أزرق، يقطعه مُستويان للانفصام بينهما زاوية 120°.
- **جاديت (Jadeite)**: معدن من عائلة البيروكسين، له لون بني فاتح، يميز الضغط العالي.
- **الغرونا (Grenat)**: معدن عاتم اللون في الضوء المستقطب، تضاريسه عالية، يبدي تشققات، يدل على الضغط المتوسط والعالي.

❼ شبكات تشكل الصخور

تتشكل الصخور المختلفة في ظروف معينة من الضغط والحرارة حيث تتغير المعادن ويتغير الصخر بتغير هذه الظروف.

تبين الوثيقة (16) تطور صخر الغابرو خلال غوص الصفيحة المحيطية تحت صفيحة أخرى سواءا كانت قارية أو محيطية، مما يؤدي إلى ظهور معادن جديدة.



مخطط يبين تطور صخر الغابرو خلال غوص الصفيحة المحيطية **الوثيقة (16)**

يمكن تلخيص مختلف التحولات المعدنية في المعادلات التالية:

1) بلاجيوكلاز + بيروكسين +ماء ⟵ أومفيبول(هورنبلاند).
2) بلاجيوكلاز + هورنبلاند+ ماء ⟵ كلوريت + أكتينوت.
3) بلاجيوكلاز + كلوريت +أكتينوت ⟵ أومفيبول(غلوكوفان) + ماء.
4) بلاجيوكلاز + غلوكوفان ⟵ غرونا + بيروكسين(جاديت) + ماء.

استغلال الوثائق:

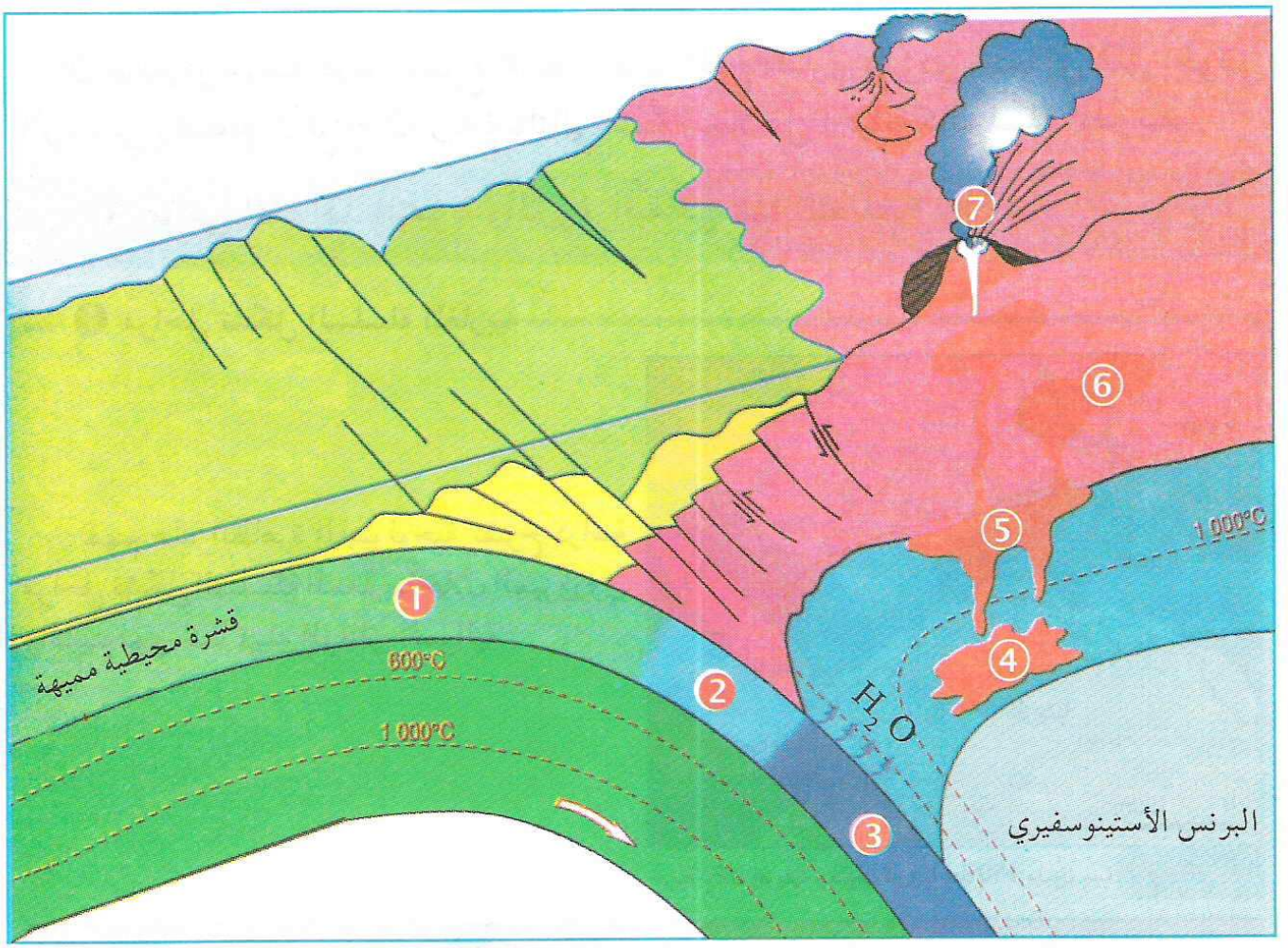
1. استنتج ظروف تشكل مختلف السحن المبينة في الوثيقة (16).
2. ماذا تمثل كل من المعادلتين (1 و2) و (3 و4) ؟

* لخص في نص علمي أهم مراحل تشكل الصخور المميزة لمناطق الغوص.

معلومات مفيدة

السحنة: تتمثل في مجموعة من المعادن التي تشكلت في نفس الظروف الفيزيائية (الحرارة والضغط) الكيميائية.

مخطط تحصيلي



اعتمادا على معطيات الوثيقة (16) والمعلومات المتوصل إليها في النشاطات السابقة

1. تعرف على نوع الصخور المشار إليها بالأرقام (1، 2، 3، 6 و7)، ثم حدد ظروف نشأتها.
2. ماذا يُمثل الرقمان (4، 5) ؟

النشاط 6

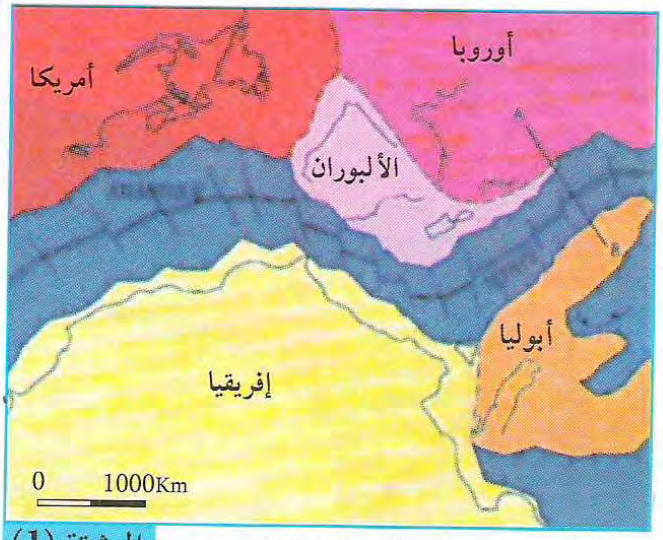
التضاريس الناجمة عن التصادم

أن استمرار عملية غوص اللوح المحيطي تحت اللوح القاري سيؤدي حتما إلى غلق الحوض الرسوبي وتصادم الألواح القارية وبالتالي نشأة السلاسل الجبلية كالسلسلة المغاربية.

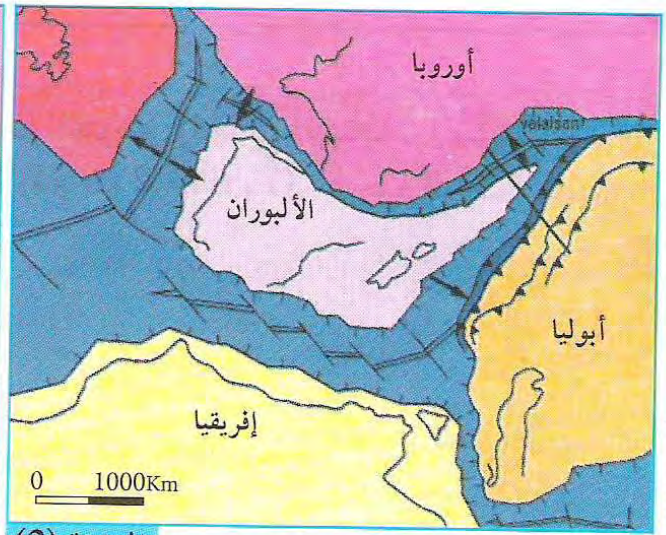
➢ ما هي الشواهد البنيوية والتروغرافية عن هذا التصادم ؟

❶ مراحل تشكل السلسلة المغاربية

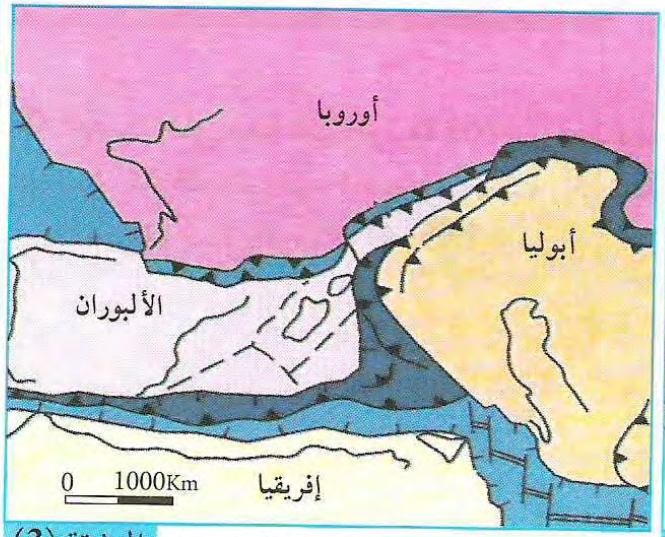
لفهم هذه الظاهرة الجيولوجية نقترح دراسة مراحل تشكل السلسلة المغاربية خلال الميزوزوي والسينوزوي كما تبينه الوثائق الموالية:



خريطة شمال إفريقيا وجنوب أوروبا منذ 150 مليون سنة **الوثيقة (1)**



خريطة شمال إفريقيا وجنوب أوروبا منذ 100 مليون سنة **الوثيقة (2)**



خريطة شمال إفريقيا وجنوب أوروبا منذ 45 مليون سنة **الوثيقة (3)**

استغلال الوثائق:

- قارن وضعية قارتي الألبوران وإفريقيا في الوثائق (1 و2، 3)، ماذا تستخلص ؟

❷ دراسة مقاطع جيولوجية في السلسلة المغاربية

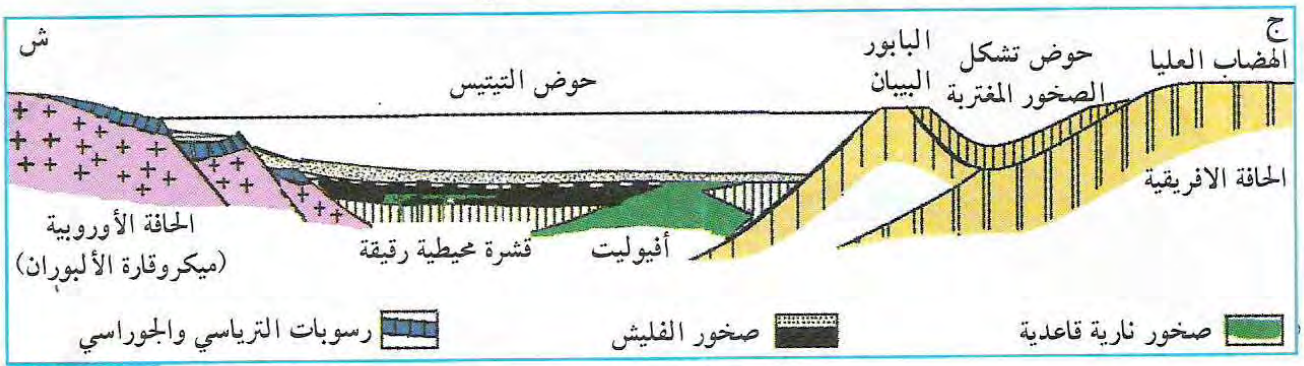
بدأت نشأة السلسلة المغاربية منذ التریاس، ومازالت مستمرة إلى يومنا الحالي، حيث مرت بأربعة مراحل أساسية تتمثل فما يلي:

أ) **مرحلة تباعدية:** أدت إلى ظهور جوض التيتيس بين اللوح الإفريقي ولوح ميكرو قارة الألبوران (الذي كان جزءا من اللوح الأوروبي).

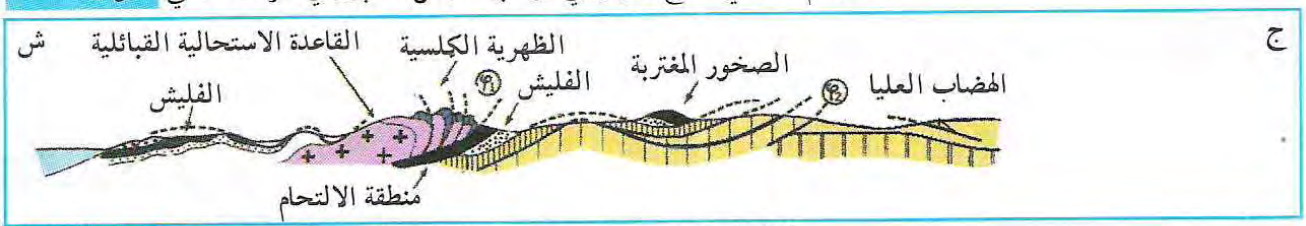
ب) **مرحلة تقاربية:** أدت إلى غوص القشرة المحيطية الناشئة تحت لوح ميكرو قارة الألبوران.

ج) **مرحلة التصادمية:** أدت إلى طفو لوح ميكرو قارة الألبوران فوق اللوح الإفريقي، فنشأت بذلك السلسلة المغاربية.

د) **مرحلة فتح البحر الأبيض المتوسط:** نتيجة تباعد اللوح الأوروبي عن الوح الإفريقي وتقسيم لوح ميكرو قارة الألبوران، تمثل الوثائق الموالية مرحلتين أساسيتين:



الوثيقة (4) رسم تخطيطي لمقطع جيولوجي يمر عبر القبائل الكبرى في الوقت الحالي



الوثيقة (5) رسم تخطيطي لمقطع جيولوجي يمر عبر القبائل الكبرى في الوقت الحالي

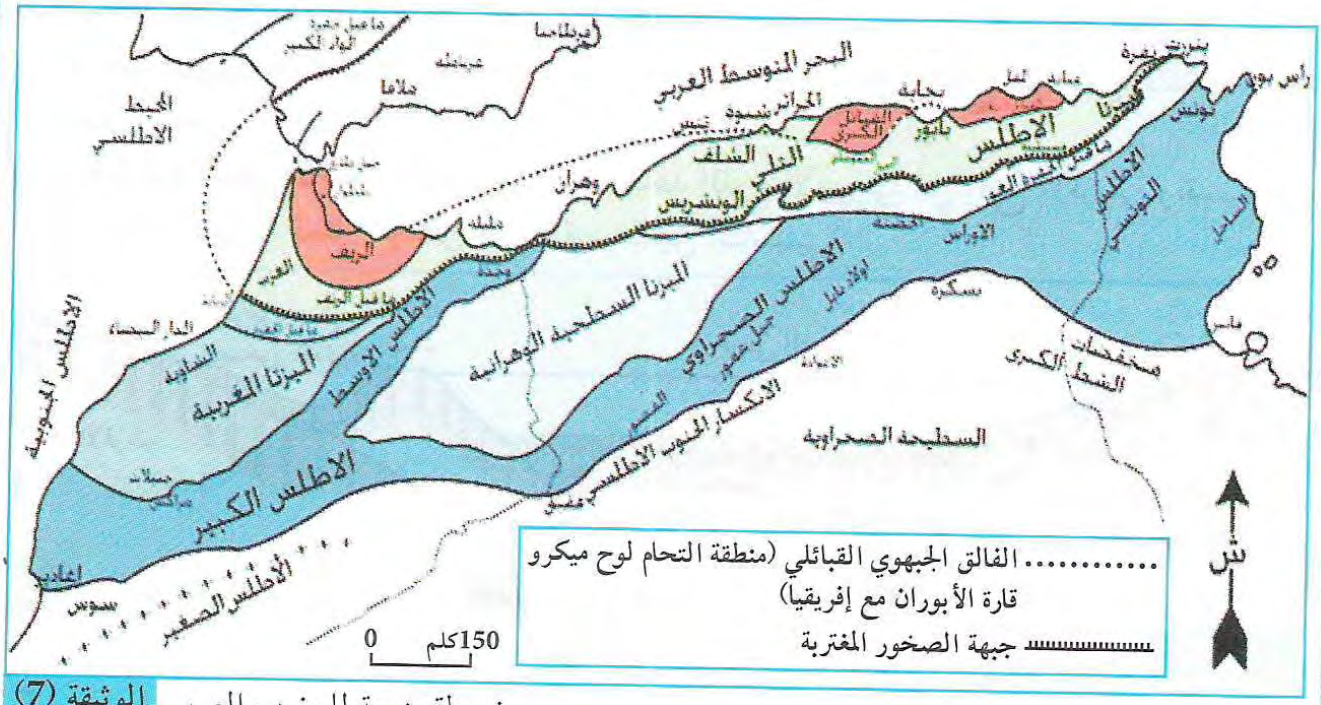
الوثيقة (6) رسم تخطيطي لمقطع جيولوجي يمر عبر القبائل الصغرى في الوقت الحالي

1. انطلاقا من نتيجة المقارنة السابقة وبالاعتماد على الوثيقة (4)، حدد وضعية صفيحة ميكرو قارة الألبوران والصفيحة الإفريقية.
2. استنتج نوع حركة الصفائح التكتونية التي حدثت بعد نهاية الطباشيري حتى الوقت الحالي من الوثيقتين (5 و6).
3. ماذا حدث في المرحلة النهائية لحركة الصفيحتين.
4. استنتج أنواع التضاريس الناشئة عن ذلك.

❸ دراسة بقايا لوح ميكرو قارة الألبوران في السلسلة المغاربية

تظهر بقايا لوح ميكرو قارة الألبوران التي تدل على تصادم الألواح التكتونية في مناطق معينة من اللوح الإفريقي.

تبين الوثيقة (7) مكاشفه.



الوثيقة (7) خريطة بنيوية للمغرب العربي

➲ استغلال الوثائق

1. استنتج مصدر صخور الريف والقبائل الكبرى والصغرى (اللون الأحمر) باستغلال الوثائق (5، 6، 7).
2. حدد آثار اصطدام اللوح الأوروبي باللوح الافريقي وحدودها الجنوبية.

النشاط 7

شواهد التقلص

تدل التضاريس العالية للسلاسل الجبلية كجبال جرجرة، عن حركات عمودية يمكن ربطها بالحركات الأفقية للألواح التكتونة.

➢ ما هي شواهد هذه الحركات ؟ وما هو نوعها ؟

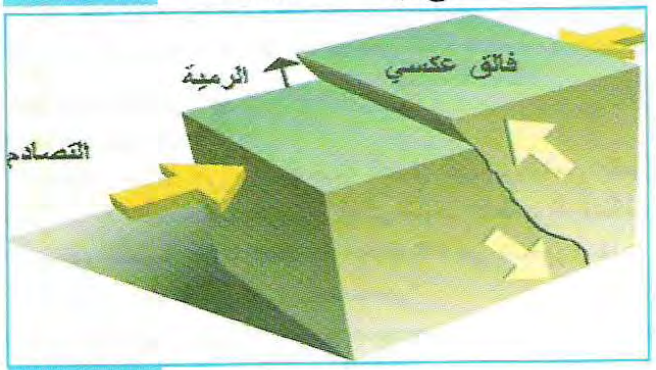
❶ البنيات الجيولوجية المميزة لمناطق التقلص

تظهر في الطبيعة مناظر تدل على مختلف الحركات التي تعرضت لها الحركات التكتونية كما تبينه الوثائق الموالية:

صورة لتضاريس مشوهة **الوثيقة (2-أ)**

مكشف لمقطع في سلسلة جبلية ناشئة **الوثيقة (1)**

مخطط تفسيري لتضاريس الوثيقة (2-أ) **الوثيقة (2-ب)**

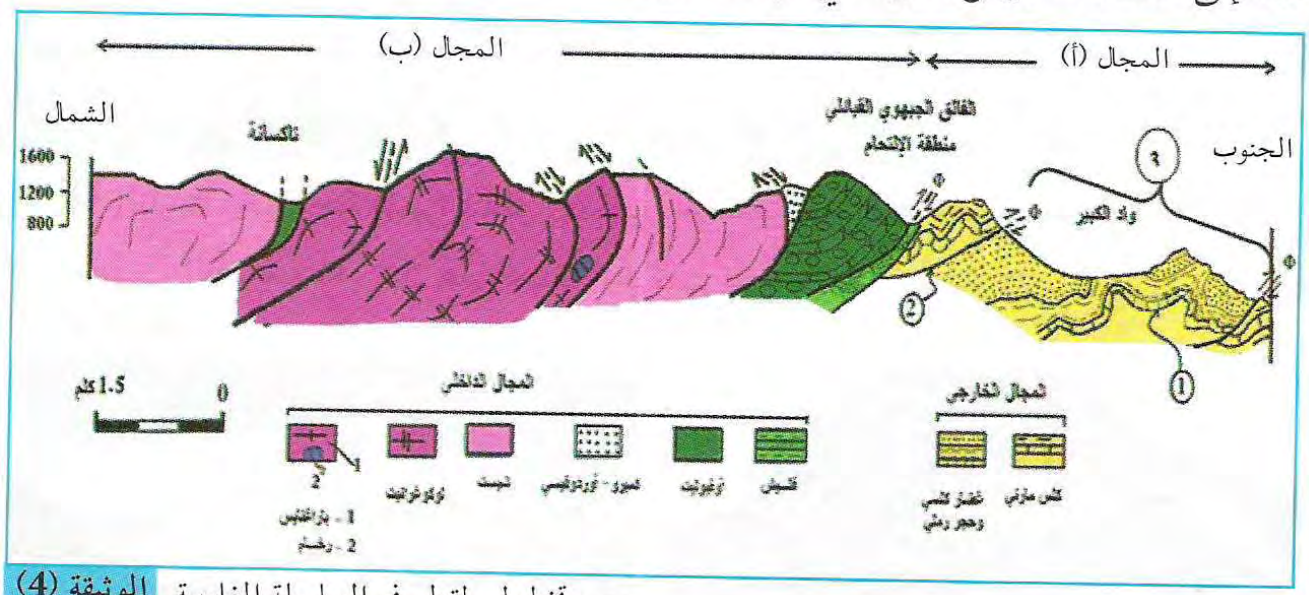


نمذجة للفالق العكسي **الوثيقة (3)**

➲ استغلال الوثائق:

1. إذا علمت أن الطبقات الصخرية الموضحة في الوثيقة (1) كانت في الأصل أفقية حدد نوع التشوهات التي تظهر في الصورة.
2. إذا علمت أن الطبقات الصخرية الموضحة في الرسم التفسيري والتي لها نفس الأرقام، كانت في الأصل على نفس الامتداد، حدد التشوه الذي حدث لها.
3. باستغلال الوثيقة (3) حدد نوع التشوه الذي حدث في الوثيقة (2-أ).
4. ما هي العلاقة بين الطبقة 2 والطبقة 3 على جانبي الفالق المبين في الوثيقة (2-ب) ؟
5. ماذا يمثل السهم الموضح في الطبقة 2 من الوثيقة (2-ب) ؟
6. تعتبر صخور الطبقة 2 صخورا مغتربة علل هذه التسمية.

أدى التصادم الذي حصل بين اللوح الأوروبي واللوح الإفريقي في بداية السينوزوي (منذ 65 مليون سنة) إلى نشأت التضاريس المبينة في الوثيقة التالية:



الوثيقة (4) رسم تخطيطي لمقطع في السلسلة المغاربية

استغلال الوثائق:

1. حدد أنواع التشوهات المشار إليها بالأرقام 1، 2 و3 في المقطع.
2. ما ذا يمثل المجالان (أ، ب) ؟

معلومات مفيدة

السلسلة المغاربية: هي سلسلة جبلية تمتد في شمال إفريقيا من القطر المغربي حتى القطر التونسي مرورا بالجزائر وتمتد جنوبا على مسافة قدرها 300 كلم، يحدها فالق كبير (فالق جنوب الأطلسي). تشكلت هذه السلسلة خلال الحركات البانية للجبال الألبية.

الصخور المغتربة (Nappes de charriage): هي صخور انتقلت من مكان توضعها إلى مكان آخر تحت تأثير قوى الانضغاط الجانبي، حيث تطفو فوق طخور أخرى أحدث منها.

❷ نمذجة بنيات التصادم

تسمح النمذج بفهم الظواهر التي تحدث خلال الأزمنة الجيولوجية والتي لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة، كمراحل تشكل السلاسل الجبلية. تمثل الوثائق الموالية التركيب التجريبي المستعمل لإظهار أهم الظواهر الجيولوجية المرتبطة بالتصادم القاري.

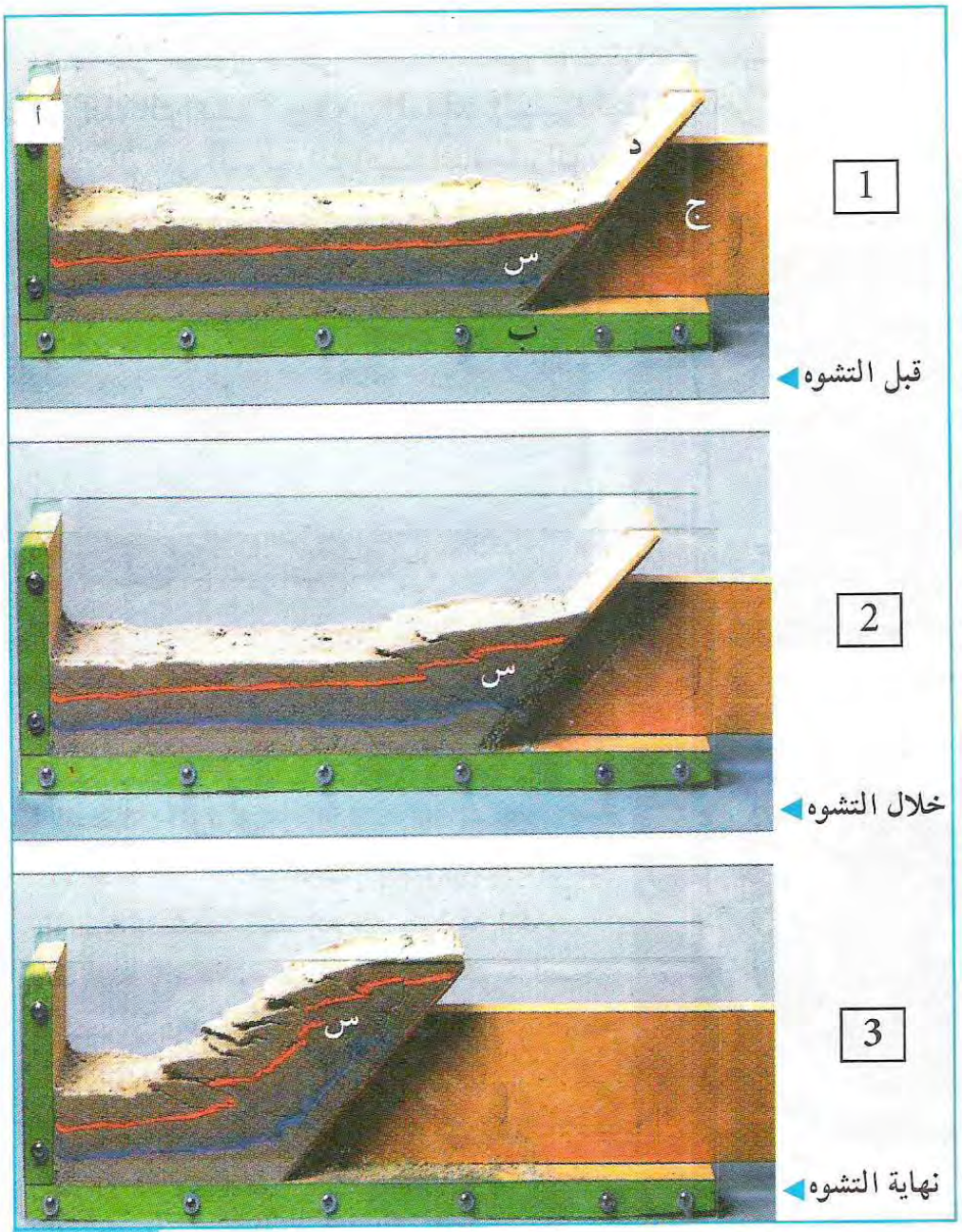
الوسائل المستعملة:

- قطعة خشبية (أ) مربعة 10 × 10سم، سمكها 2سم.
- قطعة خشبية مستطيلة (ب) 40 × 10سم، سمكها 2سم.
- قطعة خشبية (ج) ذات ضلع مائل 10 x 20 x 10سم، سمكها 2سم.
- قطعة خشب معاكس Contre-plaqué مستطيلة الشكل 10 x 15سم سمكها 5 ملم (القطعة د).

- 2 كلغ من الجبس أو الرمل.
- ملون أحمر وأزرق.
- قطعتان مستطيلتان من زجاج أمان من Plexiglas طولهما 40سم وعرضهما 12سم.

طريقة العمل:

ثبّت قطعة الخشب وزجاج الأمان (Plexiglas) كما هو مبين في التركيب التجريبي، ثم ضع طبقات الجبس الملون (الرمل) الواحدة تلو الأخرى كما هو مبين في الشكل.



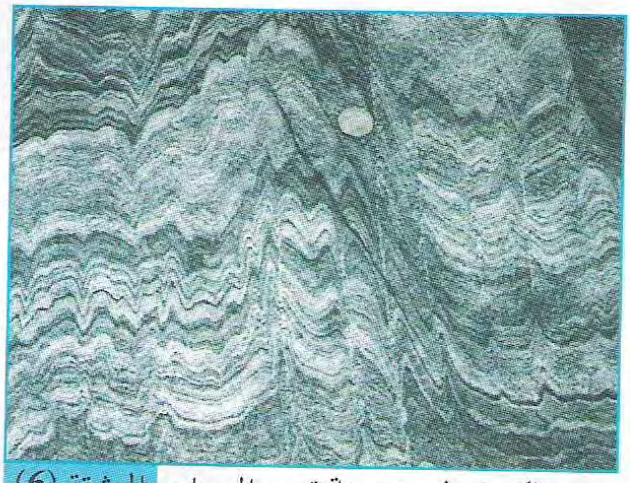
الوثيقة (5) نمذجة التصادم القاري

استغلال الوثائق:

1. قارن بين شكل طبقات الجبس الملون في الأشكال (1، 2 و3).
2. حدد أنواع التراكيب الناتجة.
3. حدد نوع الحركة التي أدت إلى نشوء هذه التراكيب.
4. لاحظ تطور سمك طبقات الجبس في الأشكال الثلاثة على مستوى المنطقة (س). ماذا تستنتج ؟
5. طابق بين نتائج النمذجة السابقة مع ما يحدث عند تصادم لوحين قاريين وتأثير ذلك على سمك الليتوسفير.

❸ دراسة صخر الميغماتيت

تنشأ على مستوى مناطق التصادم صخور ذات تراكيب معينة ومعادن مميزة كصخر الميغماتيت.
ما هي هذه التراكيب ؟ وما هي المعادن المميزة لهذا الصخر ؟
تبين الوثائق المولية التراكيب الناتجة والمعادن المميزة لمناطق التصادم.

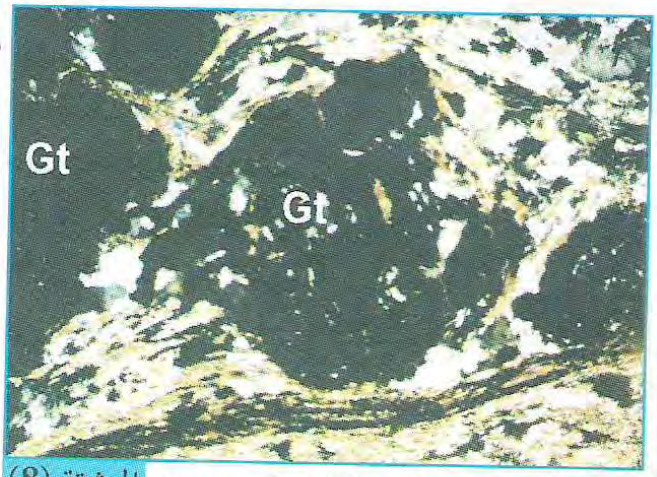


صورة لمكشف لصخور ناتجة عن التصادم القاري **الوثيقة (6)**

صورة لعينة لصخر المغماتيت **الوثيقة (7)**

➲ استغلال الوثائق:

1. حدد أنواع التراكيب الجيولوجية الناشئة المميزة لمنطقة التصادم من الوثيقة (6).
2. حدد كيفية توضع المعادن المكونة لصخر المغماتيت من الوثيقة (7).
3. تتميز البنية الجيولوجية المبينة في الوثيقة (7) بالصفوفية، حدد الظروف المؤدية لظهورها.
4. حدد العوامل الفيزيائية التي أدت إلى ظهور معدن الغرونا في الميغماتيت.



صورة لشريحة بالمجهر الاستقطابي تبين معدن الغرونا **الوثيقة (8)**

* لخص في نص علمي مراحل تشكل صخر المغماتيت.

معلومات مفيدة

المغماتيت: هو صخر متحول يتكون من تناوب صفوف فاتحة ناتجة عن الانصهار الجزئي للغرانيت وصفوف عاتمة مكونة من الأومفيبوليت والبيوتيتيت.

النشاط 8

شواهد محيط قديم

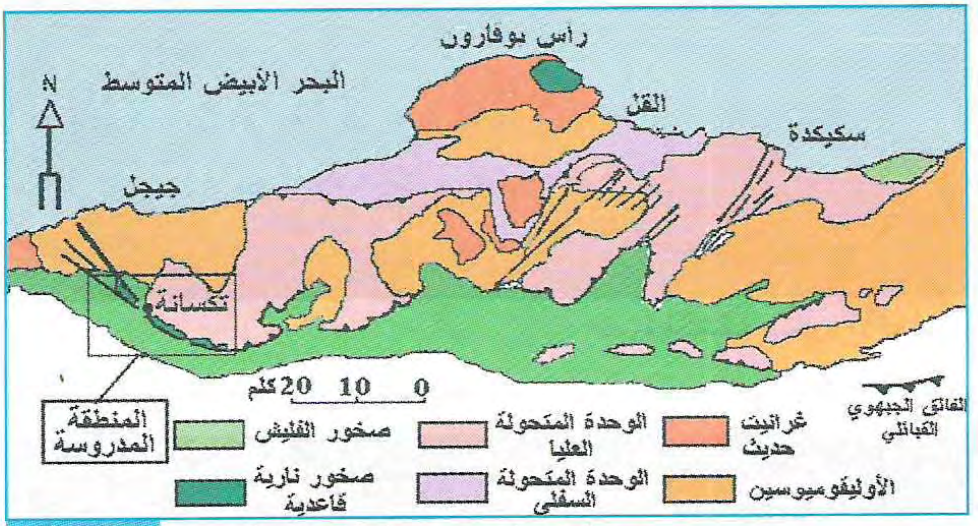
تنتهي عملية التصادم القاري بغلق المحيط خلال تقارب ألواح تكتونية، حيث يختفي هذا الأخير على إثر عملية الغوص، وتصدم حواف الصفائح فتتشوه وتندس بقايا المحيط داخل السلسلة الجبلية الناشئة على شكل أوفيوليت.

➢ هل تحتوي السلسلة المغاربية على أوفيوليت ؟

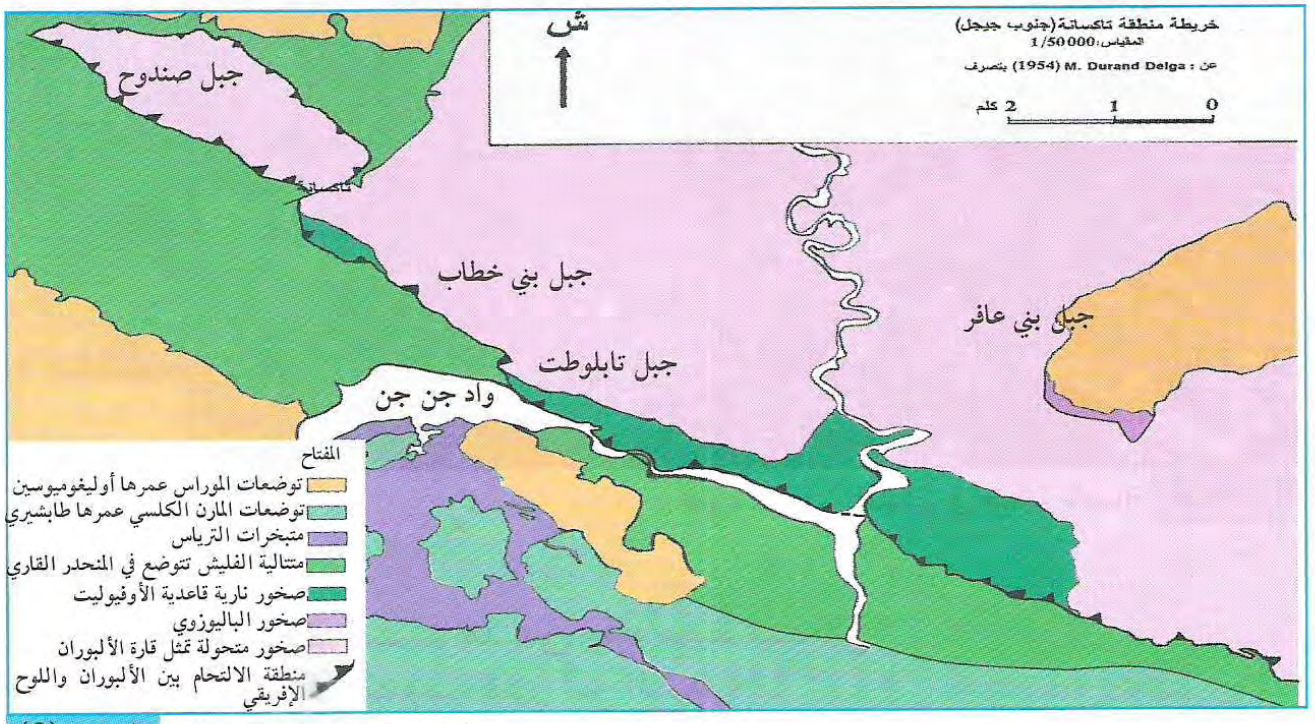
❶ موقع الأفيوليت في السلسلة المغاربية

تظهر الشواهد الدالة على محيط قديم في السلسلة المغاربية على مستوى منطقة تكسانة بجيجل على شكل أفيوليت.

تقع هذه المنطقة على مستوى التحام مكرو قارة الألبوران باللوح الإفريقي كما تبينه الوثيقتين (1 و2).

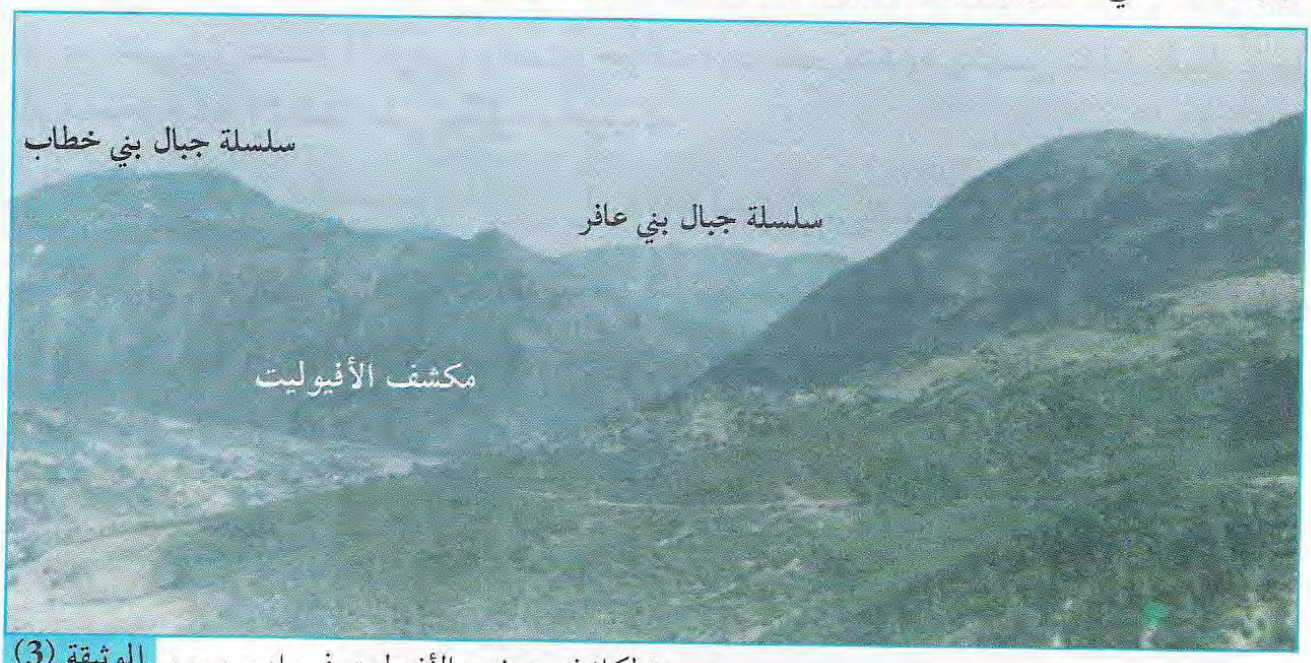


خريطة جيولوجية مبسطة للقبائل الصغرى **الوثيقة (1)**



خريطة جيولوجية مفصلة لمنطقة **الوثيقة (2)**

تظهر مكاشف الأوفيوليت في جنوب تكسانة على مستوى واد جن جن وهي ممثلة بالبازلت الوسادي، البازلت الكتلي، السربونتين والغابرو (يكون هذا الأخير نادرا).



الوثيقة (3) صورة لمكاشف صخور الأفيوليت في واد جن جن

تتوضع متتالية الفليش في الوسط البحري العقيم وتميز منطقة المنحدر القاري.

الوثيقة (4) صورة لمكشف الفليش في منطقة تاكسانة

استغلال الوثائق:

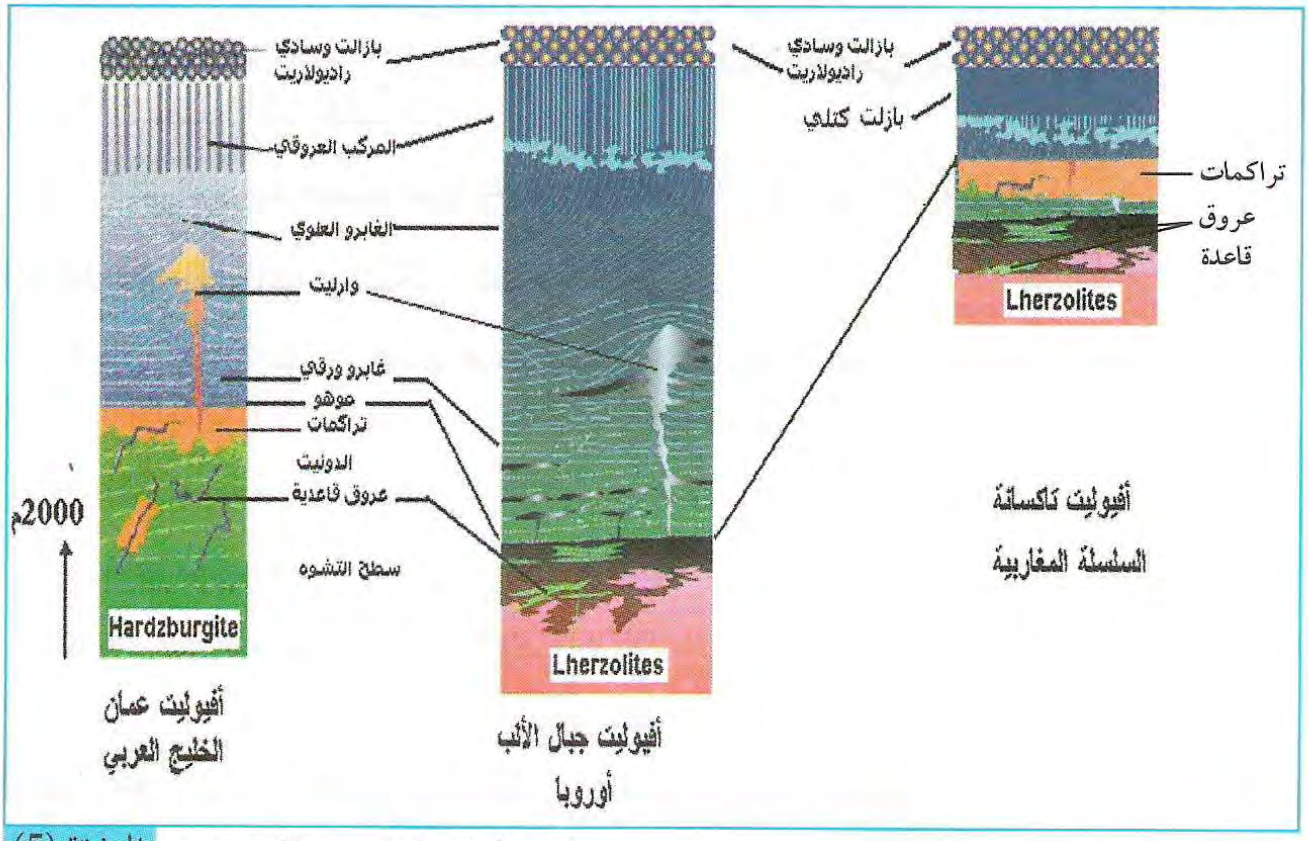
1. لماذا تعتبر الأفيوليت شواهد على وجود محيط مستحاثي ؟
2. ما هي الأدلة على التقارب القاري (من الوثيقة 4) ؟
3. تبين الوثيقة (4) طبقة رسوبية توضعت أفقيا ثم انطوت، احسب مسافة التقريبية للتقارب ؟

❷ مقارنة بين مكونات الأفيوليت في كل من عمان، الألب وتاكسانة

تظهر السلاسل الأفيوليتية في مختلف السلاسل الجبلية الناشئة سواء كانت حديثة أو قديمة على شكل قطع متناثرة بسبب شدة عامل التصادم بين الألواح التكتونية، تتكون هذه السلاسل من صخور نارية قاعدية وفوق قاعدية.

بينت الدراسات البتروغرافية وجود اختلافات بين السلاسل الأفيولوتية رغم كونها تشكلت في فترات زمنية متقاربة.

تبين الوثيقة الموالية أعمدة لمكاشف الأفيوليت في كل من عمان، الألب وتاكسنة.



الوثيقة (5) أعمدة الأفيوليت لمناطق عمان، الألب وتاكسانة

1. قارن بين الأعمدة الأفيوليتية الثلاثة في جدول من حيث نوع البيريدوتيت، نوع البازلت وسمك طبقة الغابرو، ماذا تستنتج ؟

* أنجز مخططا تحصيليا تبين فيه ديناميكية الليتوسفير من التباعد إلى غاية تشكل سلسلة جبلية.

معلومات مفيدة

Harzburgites: عبارة عن بيريدوتيت يحتوي على أوليفين وبروكسين معيني مستقيم (OPX) بكمية كبيرة، يمكن من خلاله تصنيف الأفيوليت(Harzburgite Ophiolite Types HOT).

Lherzolite: عبارة عن بيريدوتيت يحتوي على أوليفين وبروكسين أحادي الميل (CPX) بكمية كبيرة، يمكن من خلاله تصنيف الأفيوليت(Lherzolite Ophiolite Types LOT).

راديولاريت: صخور رسوبية تتشكل من قواقع الشعاعيات.

أوفيوليت (Ophiolite): كلمة من أصل إغريقي (Ophis) تدل على الثعبان، قطع من القشرة المحيطية مندسة في سلسلة جبلية.

الحصيلة المعرفية

النشاط التكتوني والبنيات الجيولوجية المرتبطة به

إن حدود الصفائح التكتونية عبارة عن مناطق نشطة تنشأ على مستواها تضاريس مميزة نتيجة الحركات المختلفة

النشاط ❶: الظواهر المرتبطة بالبناء (خصائص الظهرات وسط محيطية)

تتميز مناطق البناء بانتشار زلازل سطحية، وبراكين من النمط الطفحي وسلاسل جبلية تتوزع وفق أحزمة في وسط المحيطات مشكلة الظهرات.

تنشأ الظهرات وسط محيطية نتيجة الحركات التباعدية التي تمر بها القشرة الأرضية.

النشاط ❷: المغماتية وتشكل اللوح المحيطي

تنشأ على مستوى الظهرات وسط محيطية بشكل مستمر قشرة جديدة بفضل بركنة نشطة، وتكون الحمم المنبعثة جد مائعة مشكلة وسائد بركانية نتيجة التبرد السريع للماغما عند ملامسة الماء.

يقطع الظهرة نوعان من الفوالق التي تتسبب في الزلازل السطحية:

- فوالق عادية موازية لمحور الظهرة تعمل على توسعها.
- فوالق تحويلية عمودية على محور الظهرة تعمل على تغيير مسار الظهرة ودورانها حول الصفائح التكتونية.

النشاط ❸: تشكل التضاريس المميزة للظهرة وسط محيطية

يتكون اللوح المحيطي من الأسفل إلى الأعلى من: بيريدوتيت - غابرو - بازلت. ينصهر الجزء العلوي من البرنس العلوي جزئيا مشكلا ماغما بازلتي يحتوي على معادن ذات عناصر كيميائية ثقيلة كالحدد والمغنزيوم.

ينشأ البيريدوتيت من المعادن الثقيلة التي لم تنصهر، وينشأ الغابرو ذو النسيج الحبيبي من التبرد البطيء للماغما البازلتي في العمق، وينشأ البازلت ذو النسيج الميكروليتي من التبرد السريع للماغما على السطح.

تتقوف لزوجة الماغما على مدى غناه بالسيليس، حيث يكون الماقما البازلتي غني بالعناصر الحديدية المغنيزية وفقير بالسليس وبالتالي يكون مائعا، حيث يتسبب في بركنة من النوع الطفحي.

يعود الانصهار الجزئي لبريدوتيت البرنس إلى انخفاض الضغط على مستوى الظهرات نتيجة صعود الموهو.

عندما يحدث انقطاع في الليتوسفير القاري تصعد تيارات الحمل الساخنة وتصعد معها مواد منصهرة فتظهر بنية مكونة من خندق الانهيار ومدرجات محددة بفوالق عادية مما يؤدي إلى تشكل خشف (رفت).

يكون الليتوسفير المحيطي أسفل خندق الانهيار رقيقا جدا، مما يؤدي إلى انخفاض الضغط، الانصار الجزئي لبريدوتيت البرنس (المعطف) وتجمع المواد المنصهرة في الغرفة الماغماتية.

تؤدي التفاعلات النووية للعناصر المشعة داخل البرنس إلى تمدد المادة المكونة له وصعود الموهو فتتحدب بذلك القشرة القارية وتتعرى، فتصبح رقيقة، يؤدي ذلك إلى ظهور فوالق تباعدية (عادية).

النشاط التكتوني على مستوى مناطق الغوص

يؤدي استمرار إنتاج الماغما على مستوى الظهرات وسط محيطية نظريا إلى توسع القشرة المحيطية، إلا أن حجم الكرة الأرضية يبقى ثابتا لحدوث ظاهرة جيولوجية تعمل على هدم القشرة الزائدة في مناطق الغوص.

النشاط ❹: الظواهر المرتبطة بالغوص

تتميز مناطق الغوص بوجود خنادق محيطية، زلازل عنيفة (تكون سطحية في المحيط وكلما اتجهنا نحو القارة يزداد عمقها)، بركنة انفجارية، قوس من الجزر البركانية كسلسلة جزر اليابان والأنتيل وسلاسل جبلية كسلسلة الأنديز بأمريكا الجنوبية.

يغوص اللوح المحيطي تحت الحافة النشطة لصفيحة تضم قشرة قارية أو قشرة محيطية، تكون الصفيحة الغائصة محيطية، وتكون الصفيحة الطافية chevauchante قارية أو محيطية.

النشاط ❺: اختفاء اللوح المحيطي والظواهر المرتبطة بالغوص

تنخفض درجة حرارة الليتوسفير المحيطي ويزداد سمكه وكثافته كلما ابتعدنا عن الظهرة مما يؤدي إلى غوصه، حيث يعد هذا الاختلاف في الكثافة أحد المحركات الأساسية للغوص.

تنقسم الصخور المغماتية المرتبطة بالغوص إلى نوعين:

- صخور بركانية من نمط أنديزيت (Andésite): تتميز بتبرد سريع على السطح.
- صخور اندساسية من نمط غرانوديوريت: تتميز بتبرد بطيء في العمق.

تنتج هذه الصخور من ماغما غني بالسيليس، كثير اللزوجة، يتسبب في بركنة إنفجارية.

ينتج ماغما مناطق الغوص عن الانصهار الجزئي للبيريدوتيت المكون لبرنس الصفيحة الطافية (Chevauchante)، يعود هذا الانصهار إلى إماهة البرنس، حيث يلعب الماء دور مذيب يخفض من درجة حرارة الانصهار.

يصل الماء إلى البرنس عن طريق الصفيحة الغائصة ويتحرر بسبب الضغط المسلط عليها من طرف الصفيحة الطافية، يكون الماغما الناتج غنيا بالسيليس بسبب التباين في درجة حرارة انصهار المعادن السيليكاتية، التي تتطلب حرارة منخفضة والمعادن الحديدية المغنيزية التي تنصهر في درجة حرارة مرتفعة.

يؤدي فقدان الماء من الصفيحة الغائصة بسبب الضغط المسلط عليها إلى تجففها وتغير معادنها، تدعى هذه الظاهرة بالتحول.

يؤدي التحول إلى ظهور معادن جديدة تدل على الضغط العالي والحرارة المنخفضة المميزة لمناطق الغوص كالغلوكوفان (Glaucophane)، الغرونا (Grenat) والجاديت (Jadeite).

تسمح ظاهرة الغوص بظهور مجالات ثبات المعادن في ظروف مميزة من الضغط والحرارة تدعى بالسحن تنتج عن ظاهرة الغوص سحن الشست الأزرق والإكلوجيت.

النشاط التكتوني على مستوى مناطق التصادم

يؤدي استمرار عملية غوص اللوح المحيطي تحت اللوح القاري إلى غلق الحوض الرسوبي وتصادم الألواح القارية وبالتالي نشأة السلاسل الجبلية.

النشاط ❻: التضاريس الناشئة عن التصادم

إن المجالات الجيولوجية للجزائر مرتبطة من الناحية الباليوجغرافية مع ما يحدث في البلدان المجاورة على المستوى المغاربي، وكذا السلسلة الألبية المحيطة بغرب البحر الأبيض المتوسط.

ينتج التصادم عن تقارب لوحين قارين عقب ظاهرة الغوص، ويؤدي ذلك إلى لتشكل سلسلة جبلية. تدعى هذه العملية بالحركة البانية للجبال (Orogenèse).

تمر كل حركة بانية للجبال بمرحلتين أساسيتين، تتمثل الأولى في مرحلة التباعد والثانية في مرحلة التقارب.

النشاط ❼: شواهد التقلص

تتجلى قوى الانضغاط في نشوء طيات، فوالق عكسية وهجرة الصخور المغتربة نحو المناطق الخلفية للسلاسل الجبلية.

يؤدي التصادم القاري إلى تقلص أفقي يتسبب في زيادة سمك الليتوسفير نتيجة التضاعف القشري ونشوء سلاسل جبلية عالية ومتجذرة.

يدل صخر الميغماتيت على التضاعف القشري والزيادة في سمك الليتوسفير، ارتفاع الضغط ودرجة الحرارة.

ينتج عن التقلص القشري تحول الصخور العميقة تحت تأثير ارتفاع درجة الحرارة والضغط انصهار جزئي لغرانيت القشرة القارية.

شواهد محيط قديم

يؤدي تقارب الألواح التكتونية إلى تشوه حدود الصفائح واندساس بقايا المحيط داخل السلسلة الجبلية على شكل أوفيوليت.

النشاط ❽: شواهد محيط قديم

يعتبر الأفيوليت (قطع من الليتوسفير المحيطي) في السلاسل الجبلية الحديثة شاهدا على التصادم القاري وغلق الأحواض (المحيطات) الفاصلة بينها.

تعتبر الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية المتواجدة ضمن السلسلة المغاربية والسلسلة الألبية شواهد على اختفاء محيط قديم عقب غوص الليتوسفير المحيطي ثم تصادم اللوح الإفريقي مع لوح ميكرو قارة الألبوران واللوح الأوروبي.

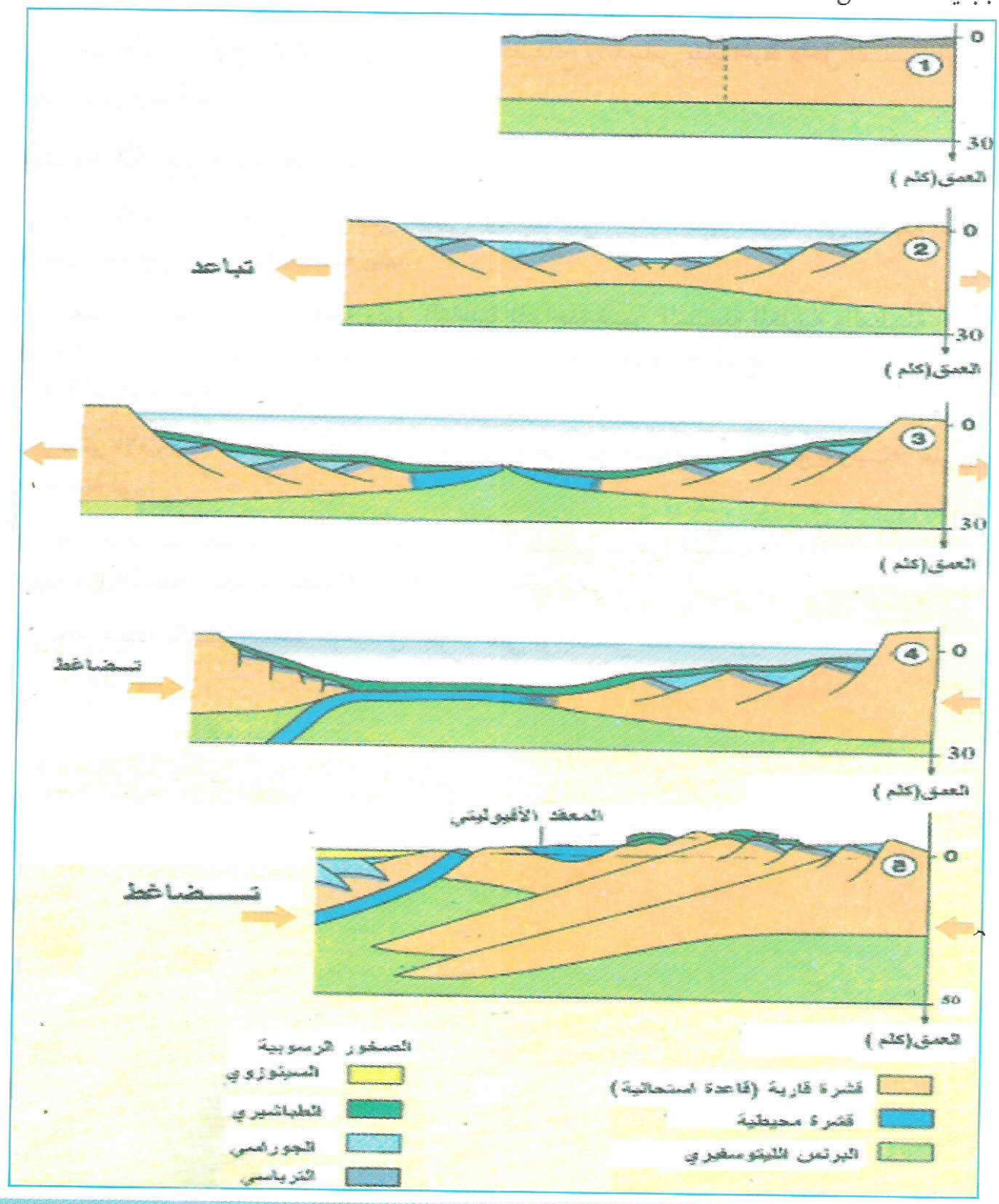
تتميز الأفيوليت بمتتالية تتشكل من الأسفل إلى الأعلى من المستويات التالية: بيريدوتيت- غابرو- مركب بازلتي.

تعتبر الأفيوليت قطعا من الليتوسفير المحيطي التي لم يشملها الغوص، اندست في منطقة التحام اللوحين وبرزت إلى السطح نتيجة عمليات التعرية عبر الزمن الجيولوجي.

تعتبر منطقة تاكسانة الشاهد الوحيد في الجزائر على تواجد مثل هذه الصخور.

مخطط تحصيلي

يمثل المخطط التحصيلي التالي ديناميكية الليتوسفير من التباعد إلى غاية تشكل سلسلة جبلية (Orogenèse)

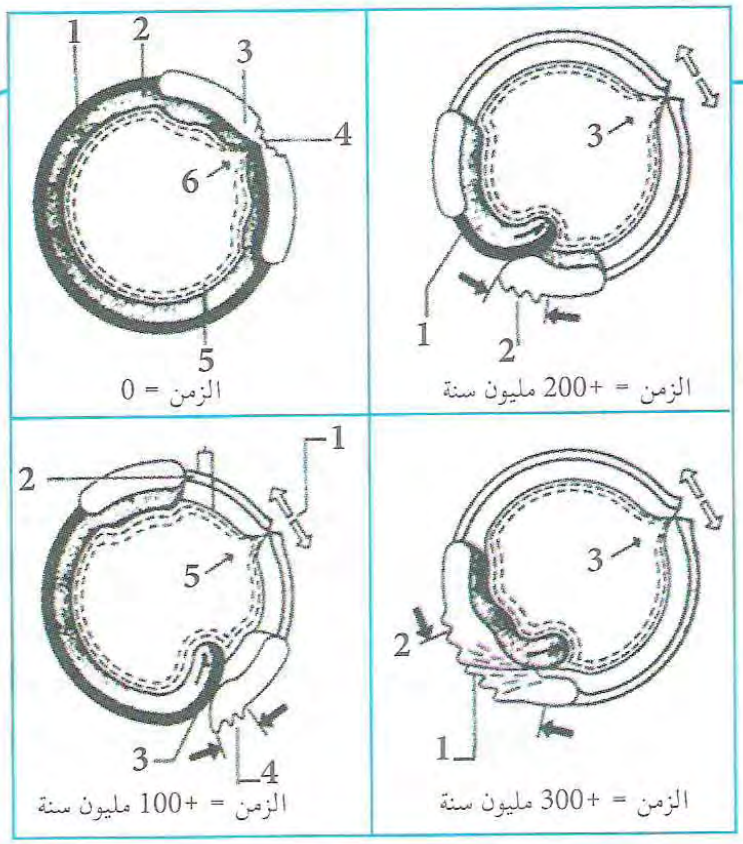


أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1

تبين الرسومات المقابلة مراحل تطور الليتوسفير منذ 300 مليون سنة إلى يومنا الحالي.

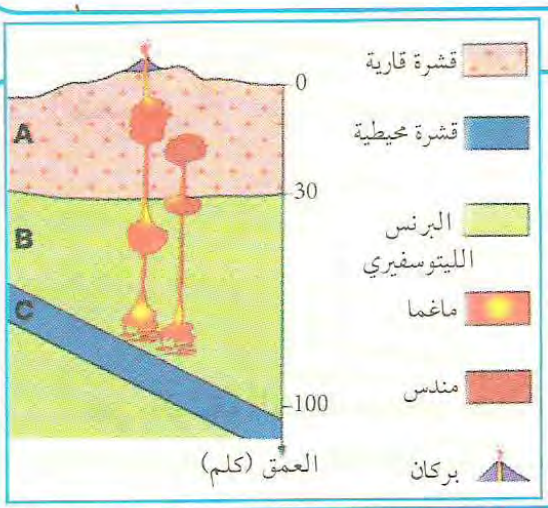
1. ضع البيانات اللازمة مكان الأرقام على الرسومات.
2. أعط عنوانا مناسبا لكل رسم.
3. حلل في نص علمي كل مرحلة من مراحل تطور الليتوسفير.
4. انطلاقا من معلوماتك اعط مثالا عن كل مرحلة.
5. ماذا يمثل توالي المراحل الأربعة ؟

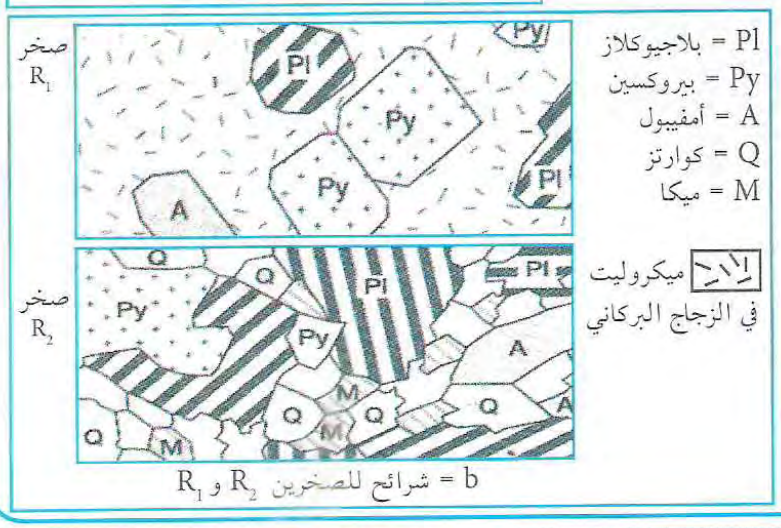


التمرين 2

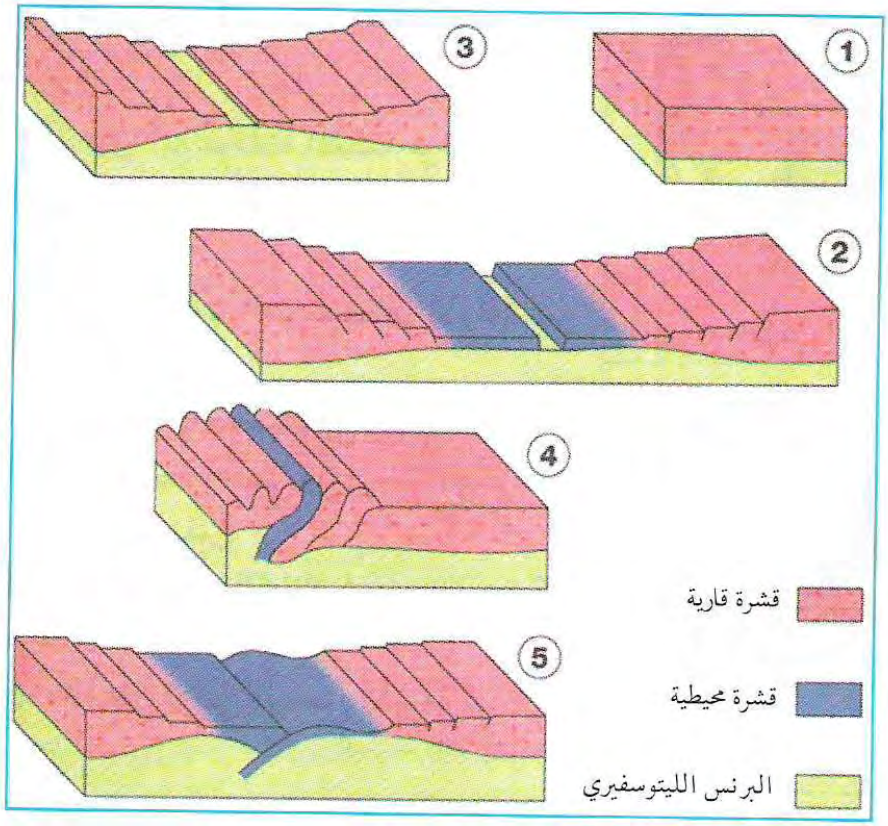
تبين الوثيقة (1) رسما تشكيليا لمنطقة الأنديز وتمثل الوثيقة (2) شريحتين لصخرين ناريين (R_1) و(R_2)، مأخوذين من هذه المنطقة.

1. ضع البيانات اللازمة على الرسم.
2. حدد على المقطع مكان تشكل الصخرين (R_1 و R_2).
3. اشرح كيفية تشكل الصخرين (R_1) و(R_2).
4. ما هو نوع الماغما الذي تشكل منه الصخران (R_1 و R_2).
5. أعط اسما لكل من الصخرين (R_1) و(R_2).





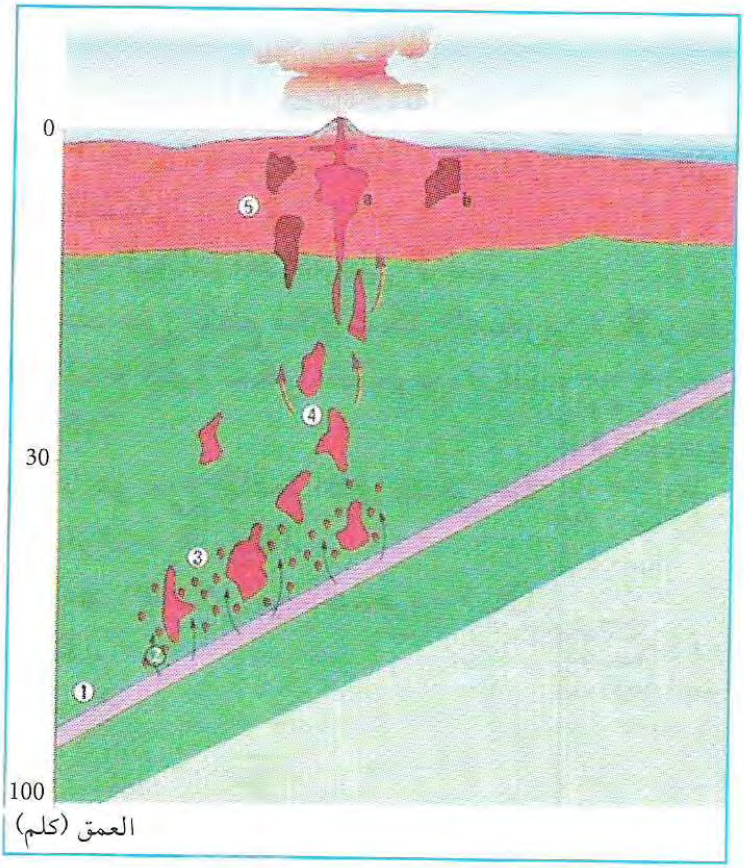
التمرين 3



تمثل الوثيقة المقابلة مختلف مراحل تشكل سلسلة جبال الهيمالايا الناتجة عن تصادم قارتي الهند وآسيا منذ 65 مليون سنة.

1. رتب هذه المراحل.
2. من خلال دراستك، عيّن مراحل التباعد، الغوص والتصادم.
3. ما هي الصخور الناتجة عن المراحل (2، 4، 5) ؟
4. ما هي الشواهد الدالة على وجود حركة بانية للجبال ؟

التمرين 4



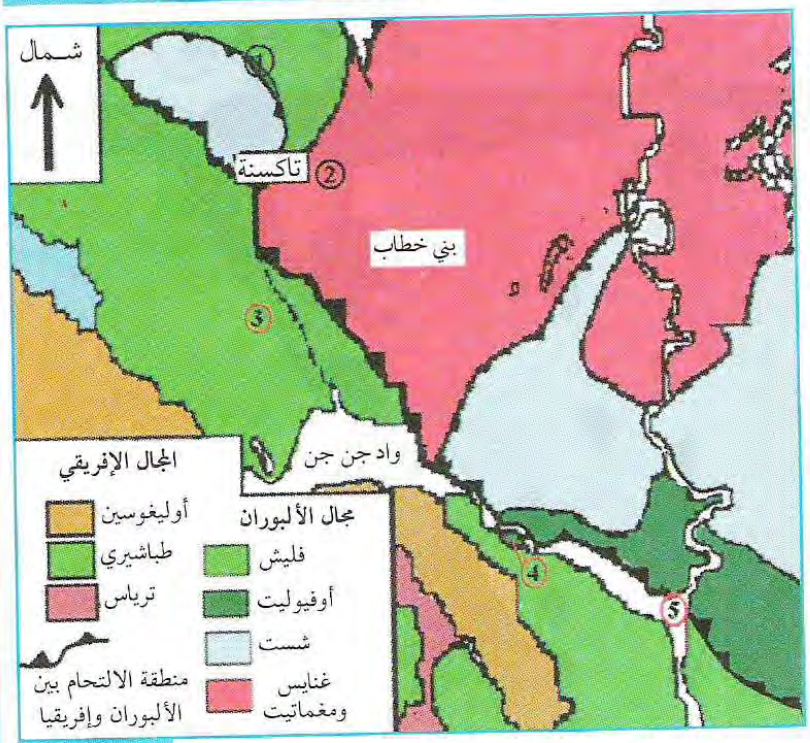
تمثل الوثيقة المقابلة مقطعا جيولوجيا للحافة الغربية لقارة أمريكا الجنوبية، اعتمادا على معلوماتك أجب على الأسئلة التالية:

1. حدد توجيه المقطع.
2. ضع البيانات اللازمة مكان الأرقام على المقطع.
3. ضع عنوانا للرسم.

التمرين 5

على إثر الجامعة الصيفية التي أقيمت في مدينة جيجل الساحلية سنة 2004، قام مفتشو العلوم التجريبية برحلة إلى جبال تاكسانة الواقعة جنوب جيجل حيث توقفوا عند عدة محطات.

الوثيقة (1)



الوثيقة (2)

- المحطة 1: تقع على الطريق الرابط بين جيجل وتاكسانة تتميز بوجود صخور خضراء عاتمة.
- المحطة 2: تقع على بعد 2 كلم شرق تاكسانة، تتميز بوجود صخور سوداء تقطعها أحزمة بيضاء.
- المحطة 3: تقع على مستوى الطريق الرابط بين تاكسانة وواد جن جن، تتميز بوجود صخور رسوبية مطوية تقطعها فوالق عكسية.
- المحطة 4: تظهر على مستوى جسر واد جن جن تتميز بوجود صخور خضراء زيتية.
- المحطة 5: تقع داخل الواد، وتتمثل في كتل صخرية دائرية خضراء تميل إلى السواد.

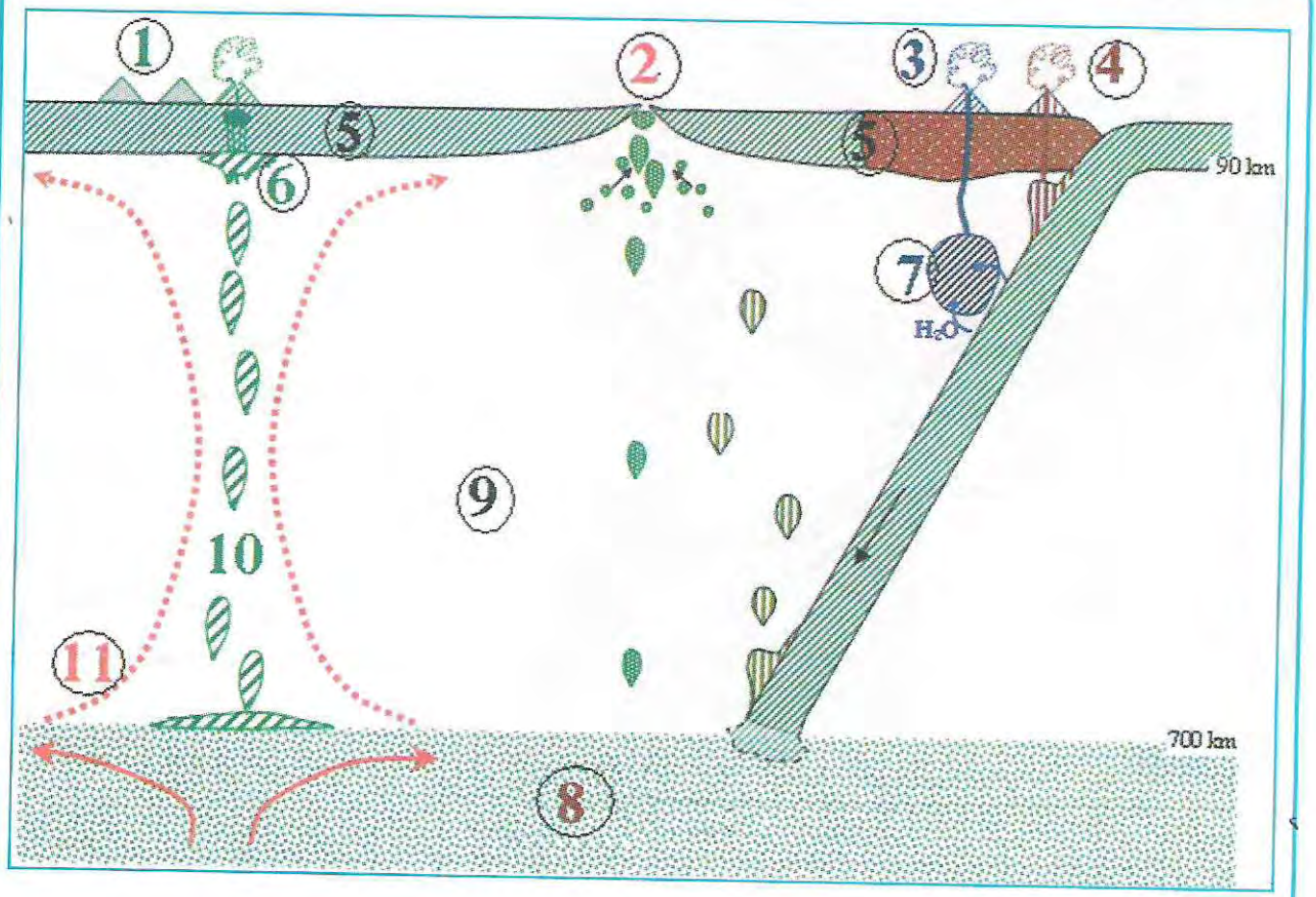
أخذنا من كل محطة عينة لدراستها في المخبر، حيث تم إنجاز شرائح سمكها 30 µ، وبعد دراستها بالمجهر الاستقطابي تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول المقابل.

المحطة	المعادن	نوع الصخر
1	أوليفين + بلاجيوكلاز + ميكروليت + زجاج بركاني	بازلت كتلي
2	كوارتز + غرونا + بلاجيوكلاز + ميكا + فلسبار	مغماتيت
3	تناوب طبقات صخور رسوبية فتاتية مع الغضار	فليش
4	سربنتين + كالسيت	بيريدوتيت
5	زجاج بركاني + ميكروليت + أوليفين + بلاجيوكلاز	بازلت وسادي

ملاحظة: ينتج كلّ من السربنتين والكالسيت على التوالي من تفكك الأوليفين والبيروكسين.

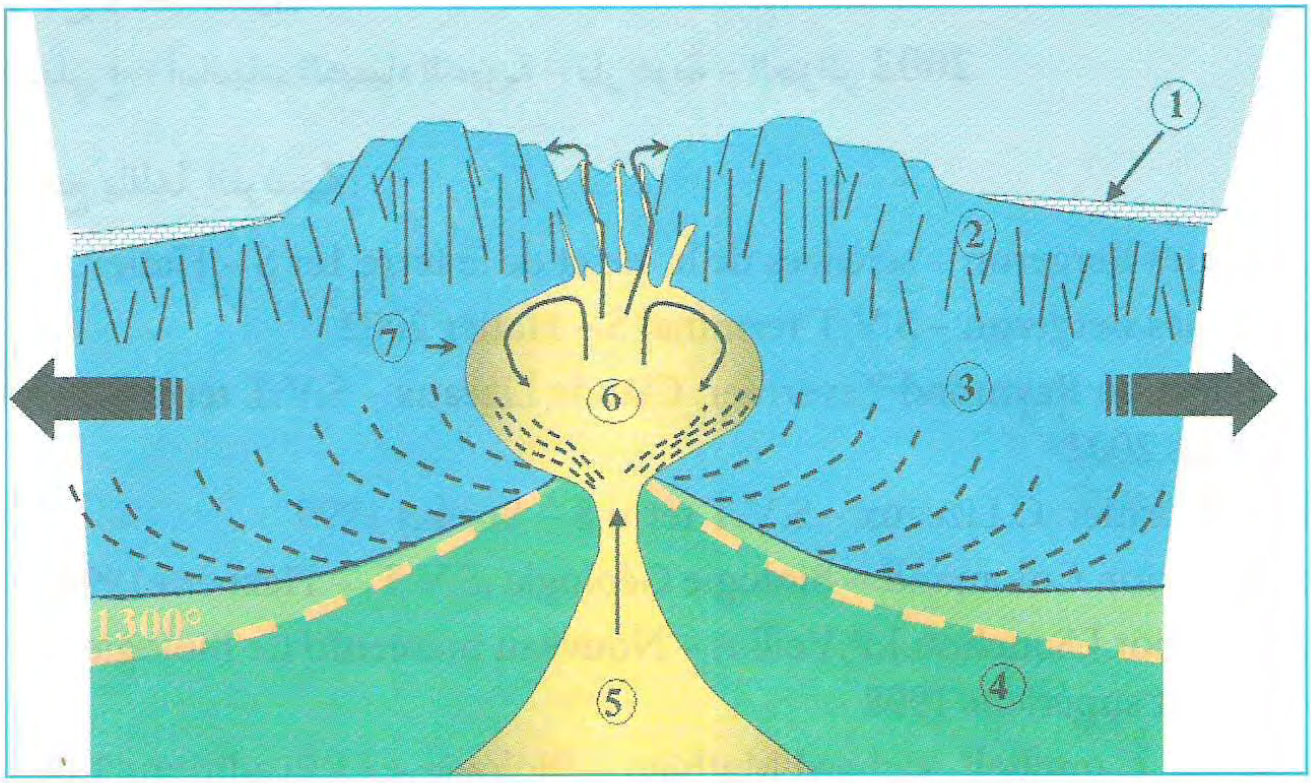
1. بناءا على معلوماتك حول حركة الألواح التكتونية وباستغلال الوثيقتين (1 و2) حدد الوح الذي تقع عليه منطقتا جيجل وتاكسانة.
2. على ماذا تدل الأنواع المختلفة من الصخور التي تكوّن منطقة تاكسانة.
3. استنتج الشواهد الدالة على وجود تقارب قاري على مستوى منطقة تاكسانة.
4. لخص في نص علمي أهم مراحل تشكل السلسلة المغاربية.
5. استنتج العلاقة بين السلسلة المغاربية والسلسلة الألبية.

التمرين 6



1. ضع عنوانا مناسبا للرسم.
2. ضع البيانات المناسبة مكان الأرقام المبينة في الرسم.
3. ما هي الصخور الناشئة على مستوى مناطق الغوص ؟
4. ما هي الصخور الناشئة على مستوى مناطق البناء ؟

التمرين 5



1. ضع عنوانا مناسبا للرسم.
2. ضع البيانات المناسبة مكان الأرقام المبينة في الرسم.
3. ما هي الآلية التي يتشكل بها الماغما ؟

قائمة المراجع المستعملة

المراجع باللغة العربية:

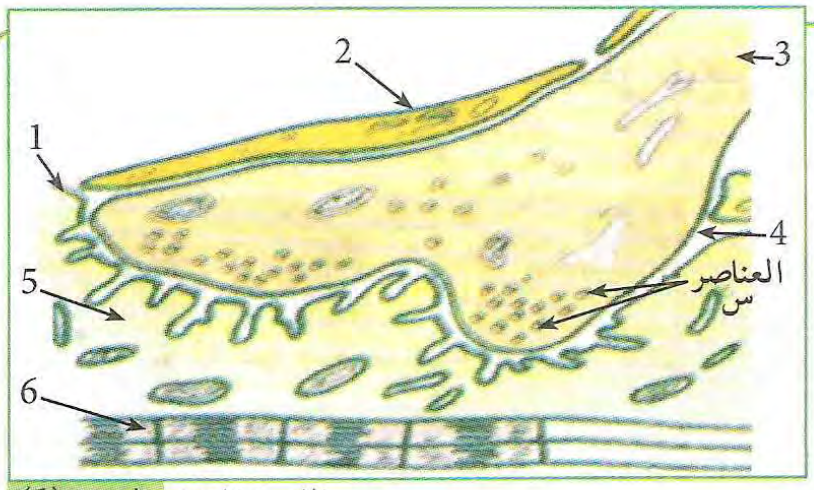
- كاملي ع - أساسيات الكيمياء الحيوية - دار هومة - الجزائر 2002

المراجع باللغة الفرنسية:

1. Jacques Bergeron – sciences de la vie et de le terre 1er S – Hatier 2001
2. Jacques Bergeron – S.V.T terminal S – Hatier 2002
3. Collection Raymond Tavernier, Claude Lizeaux – S.V.T term S – Bordas 2002
4. R.Tavernier, C.Lizeaux – S.V.T term S – Bordas 1999
5. Collection Colomand – Biologie Géologie (S.V.T) – Hachette1994
6. M.Dupot.J.Souchou.J.P.Veillot – Nouveau mémento de Biologie – Vuibert supérieur 1998
7. Neil A. Campbell, Richard Mathieu – Biologie – ERPi editions 1995
8. Purves, Augustine, Fitz Patrick, Holl Lamautia, Mcnamara, Williams – Neurosciences – juillet 2005
9. Le cours de Janis Kuby, Richard A. Goldsby, Thomas J. kindt. Barbara A. Osborne – Immunologie – DUNOD 2001
10. Christian Camara, Claudine Gastou, Thèrèse Moreau – S.V.T – Entrainiment 1re S – Hachette 2006
11. Sophie Lebrun, Patrice Delguel – BAC 2006, S.V.T Terminal – Hachatte 2005
12. Heuriette Hornassel, J.M Homassel – Reussir son BAC Term S, S.V.T – Jokers Bordas 2000
13. Heuriette Homassel, J.M Homassel – S.V.T Mémo BAC Terminal S – Bordas 2002
14. Ministère de l'amenagement du territoire et de environnement (M.A.T.E) Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement 2005

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1



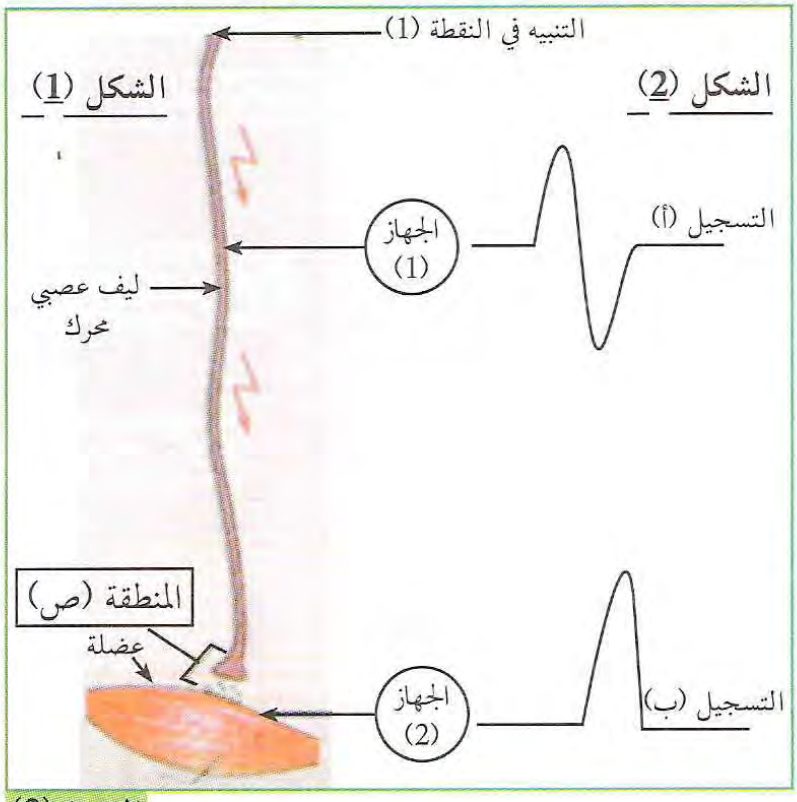
الوثيقة (1) اللوحة المحركة

استعمل الهنود الحمر الرماح المطلية بالكورار في صيد الحيونات والتي تسبب شللا على مستوى العضلات.

- كيف تؤثر هذه المادة على العضلات وتصيبها بالشلل ؟

دراسة الوثائق التالية تبين ذلك:

الوثيقة (1) تبين رسم تفسيري لصورة مشبك عصبي- عضلي بالمجهر الالكتروني، والوثيقة (2) تبين تركيب تجريبي لليف عصبي محرك معزول من ضفدع ومتصل بعضلة (شكل 1)، أما شكل (2) فيبين النتائج التجريبية المحصل عليها عند اجراء تنبيه فعال في النقطة 1.



الوثيقة (2)

1. ضع بينات العناصر المرقمة من الوثيقة (1).

2. ما هي المعلومة المستخرجة من مقارنة التسجيلين (أ وب) من الوثيقة (2).

التحليل الكيميائي للعناصر (س) المبينة بالوثيقة (1) وجد أنها غنية بالأسيتيل كولين، نستعمل محتوى العناصر ونجري التجربتين التاليتين:

التجربة (أ): حقن الأستيل كولين في المنطقة (ص) من التركيب التجريبي المبين في الشكل (2)، تحصلنا على التسجيل (ب) فقط من الوثيقة (2).

التجربة (ب): حقن مادة الكورار في المنطقة (ص) من التركيب التجريبي المبين الشكل (2) مع تنبيه فعال في النقطة (1)، تحصلنا على التسجيل (أ) فقط من الوثيقة (2).

1. استعمل معلوماتك حول عمل المشبك، وفسر نتائج التجربة (أ).

2. ماذا تستنتج من مقارنة نتائج التجربة (أ) بنتائج التجربة (ب) ؟

3. مثل برسم توضح فيه العلاقة الموجودة بين جزيئات الكورار والبروتينات الغشائية في المنطقة (ص).

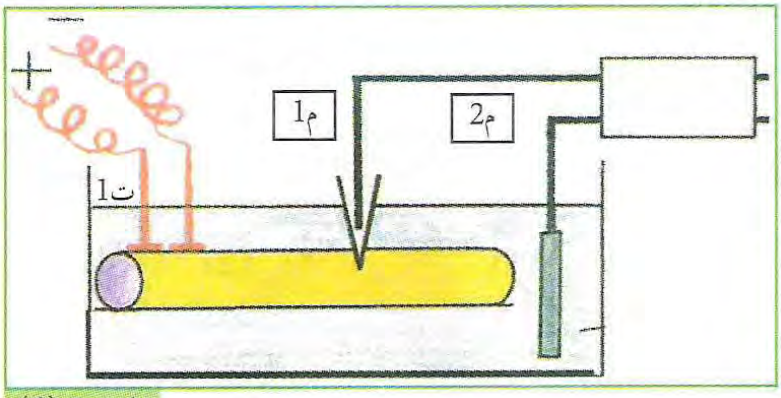
4. هل تمكنك النتائج المتوصل إليها من تفسير كيفية حدوث الشلل بتأثير مادة الكورار ؟ وضح ذلك.

التمرين 2

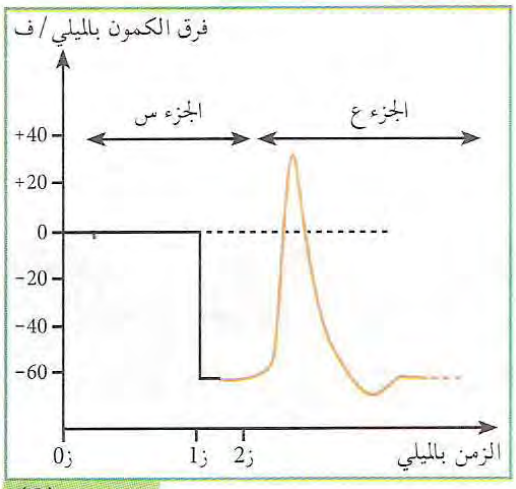
1) لتحديد طبيعة الرسالة العصبية تجرى الدراسة التالية باستعمال ليف عصبي للكلمار:

- ننجز التركيب التجريبي الممثل بالوثيقة (1) في الزمن ز0 نضع الألكترود م1 على سطح المحور الأسطواني.
- في الزمن ز1 ندخل الالكترود في المحور الأسطواني.
- في الزمن ز2 ننبه المحور تنبيها فعالا.

النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة (2).



الوثيقة (1)



الوثيقة (2)

1. حلل الجزء (س) من الوثيقة (2)، وماذا تستنتج ؟

2. ماذا يمثل الجزء (ع) من الوثيقة (2) ؟ علل الاجابة.

3. حلل الظاهرة الممثلة بالجزء (ع)، وماذا تستنتج ؟

الوثيقة (3) تبين هجرة شوارد الصوديوم والبوتاسيوم بين الوسط الخارجي والداخلي التي ترافق الجزء (ع) من الوثيقة (2).

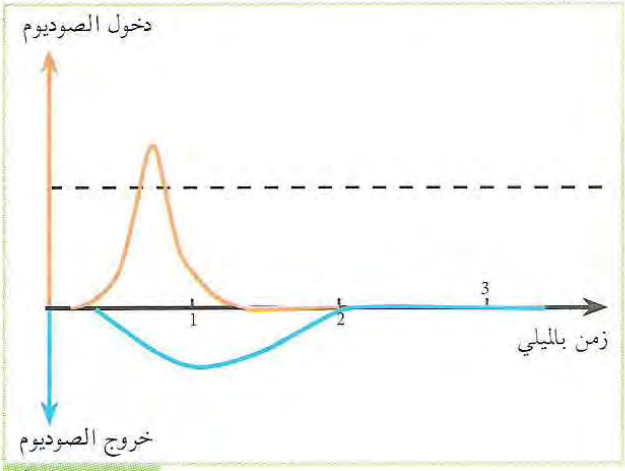
4. قدم تفسيرا كيميائيا للجزء (ع) معتمدا على نتائج الوثيقة (3).

5. ماذا تستخلص فيما يخص طبيعة السيالة العصبية ؟

2) تمثل الوثيقة (4) نتائج تجارب أجريت على الليف العصبي العملاق للكلمار (أعمال هودكين وكاتز) حيث تم وضعه في ثلاثة أوساط مختلفة:

- الوسط (1) به ماء بحر يحتوي على شوارد الصوديوم (453 ميلي مول / ل).
- الوسط (2) به 50% ماء بحر و50% محلول غلوكوزي.
- الوسط (3) به 33 % ماء بحر و67% محلول غلوكوزي.

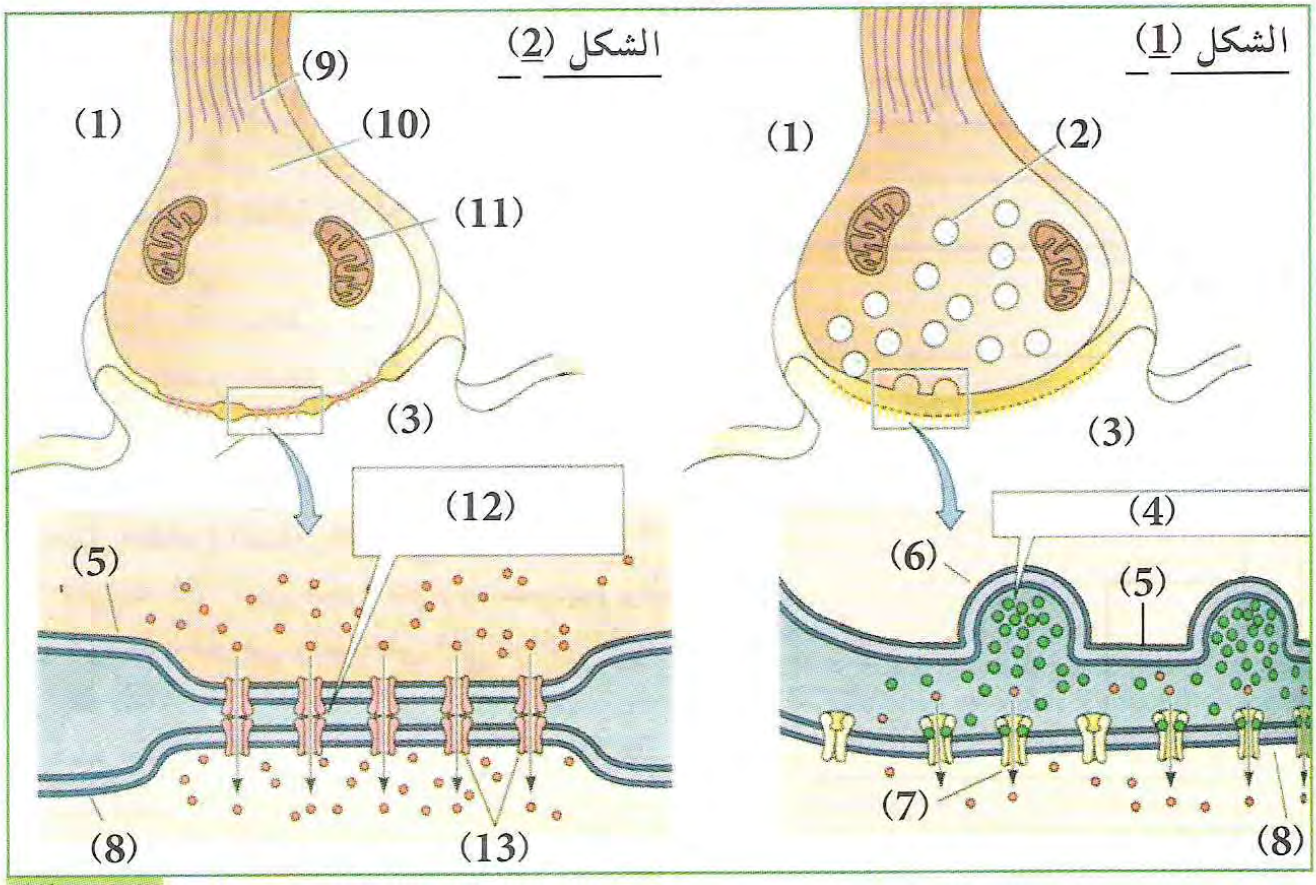
النتائج التجريبية موضحة في منحنيات الوثيقة (4).



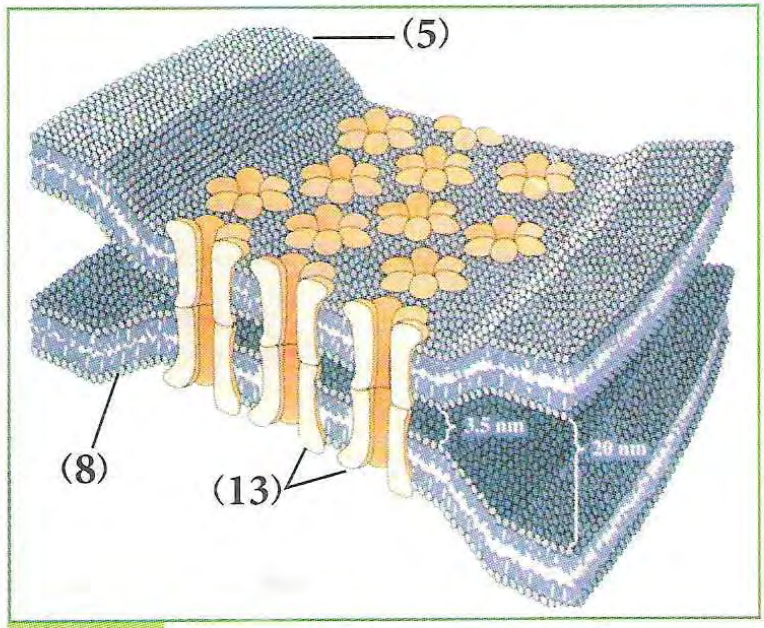
الوثيقة (3)

التمرين 3

يمثل الشكلين (1 و2) من الوثيقة (1) نوعين من المشابك، مشبك كهربائي ومشبك كيميائي، بينما تمثل الوثيقة (2) شكلا مجسما لتفاصيل أكثر للشكل (2) من الوثيقة (1).



الوثيقة (1)

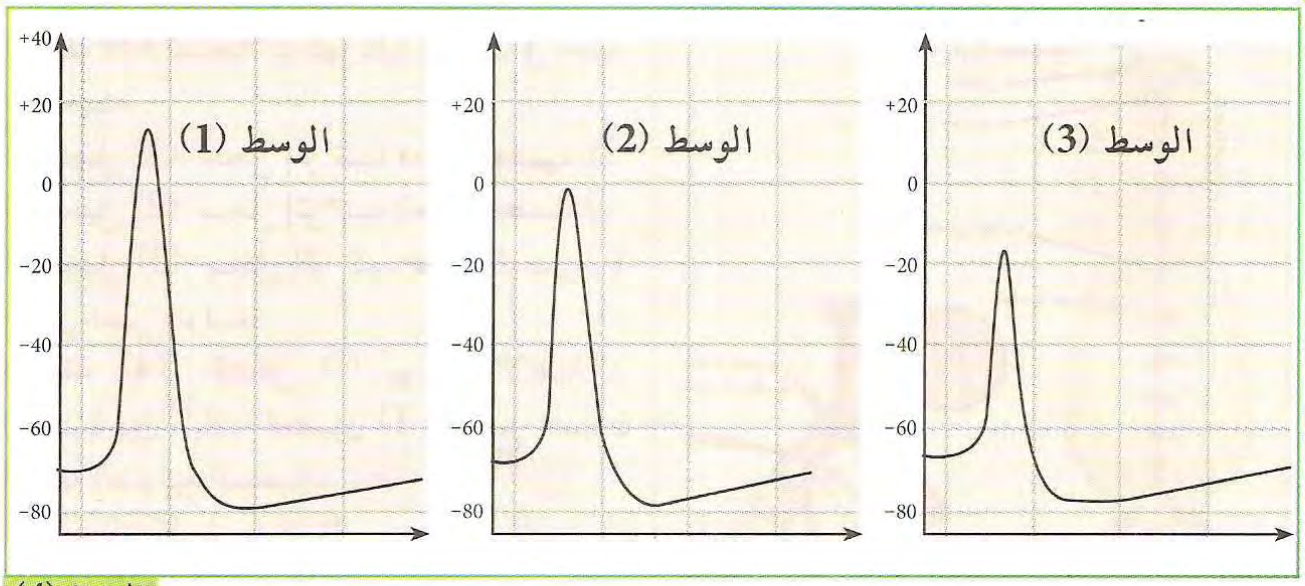


الوثيقة (2)

1. تعرف على المشبكين الموضحين في الشكلين (1 و2) ثم أكتب البيانات المرقمة.
2. قارن بين المشبك 1و2، ماذا تستنتج ؟
3. تمثل الوثيقة (3) تفاصيل الاتصال بين غشائي الخليتين للمشبك 2.

أ- ما هي المعلومة المستخلصة من هذا الشكل فيما يخص آلية عمل هذا النوع من المشابك ؟

ب- قدم أوجه الاختلاف في عمل المشبكين السابقين.



الوثيقة (4)

1. حلل نتائج الوثيقة (4)، وماذا تستخلص فيما يخص العلاقة بين الكمون الغشائي وتركيز الشوارد في الوسط الخارجي.
2. وضح بواسطة رسم على المستوى الجزيئي الآلية التي أدت إلى ظهور الكمون المبين بالجزء (ع) من الوثيقة (2).

التمرين 4

تمتاز الصراصير بالقدرة الهائلة على الفرار بمجرد هفوة ينتج عنها تيار هوائي بسيط بينما الحركة التلقائية العادية لا تؤدي إلى الفرار.

لدراسة هذه الخاصية عند هذه الحشرات نقدم لك الوثائق التالية:

- الوثيقة (1): صورة لحشرات الصراصير
- الوثيقة (2): تشريح الحشرة يظهر جهازها العصبي والتركيب التجريبي لتسجيلات الوثيقة (3).

الوثيقة (1) تظهر حشرات الصراصير Blatte

الوثيقة (3): تسجيلات كهربائية سجلت في الجهاز ج1 حيث:

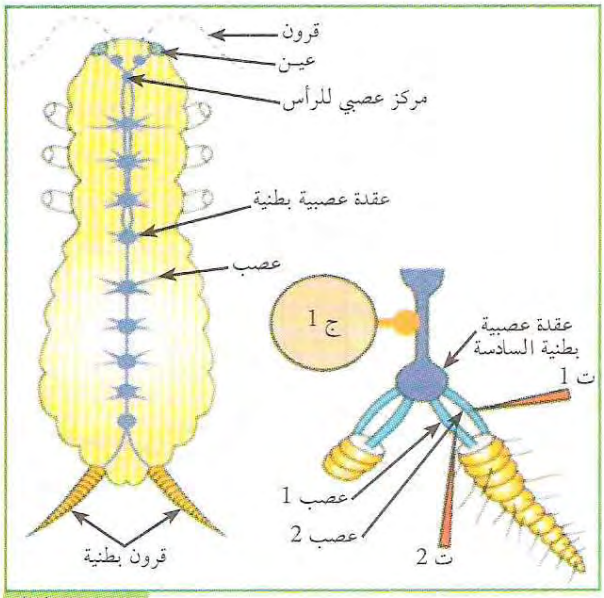
التسجيل (1): سجل إثر تنبيه فعال للعصب 1.

التسجيل (2): سجل إثر تنبيه فعال للعصب 2.

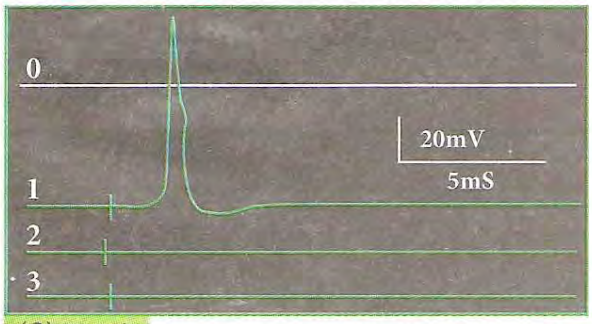
التسجيل (3): سجل إثر تنبيه فعال للعصبين 1 و2 في نفس الوقت.

الوثيقة (4): الشكل (أ) يوضح الإتصالات العصبية بين ألياف العصبين (1 و2) مع عصبون العقدة الشوكية السادسة.

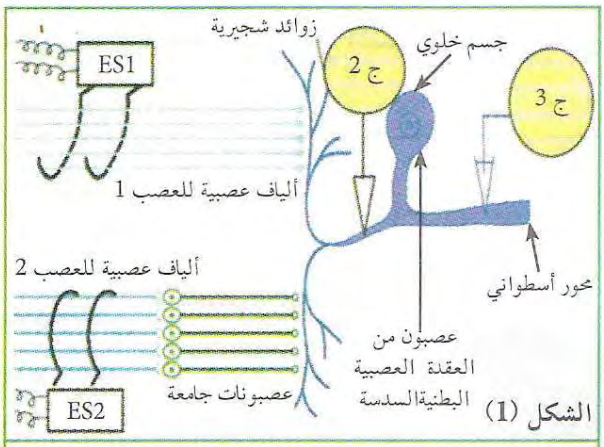
أما الشكل (ب) فيمثل تسجيلات أنجزت في مستوى العصبون العملاق في ج2 وج3 بعد تنبيه الألياف العصبية في ES1 أو ES2.



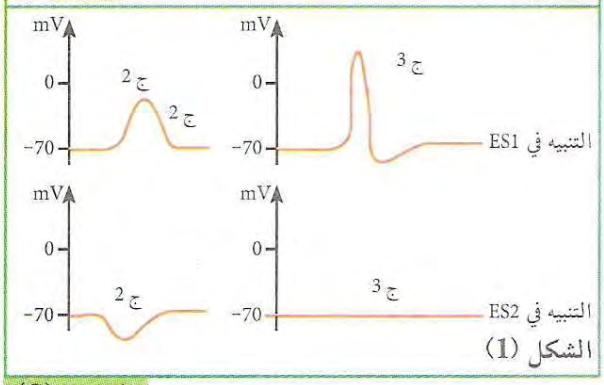
الوثيقة (2)



الوثيقة (2)



الشكل (1)



الشكل (1)

الوثيقة (2)

بالاعتماد على المعطيات والمعلومات المستخرجة من مختلف الوثائق المقدمة بين كيف يعمل المركز العصبي عند الصراصير (العقدة السادسة هنا) على دمج المعلومات التي تصله.

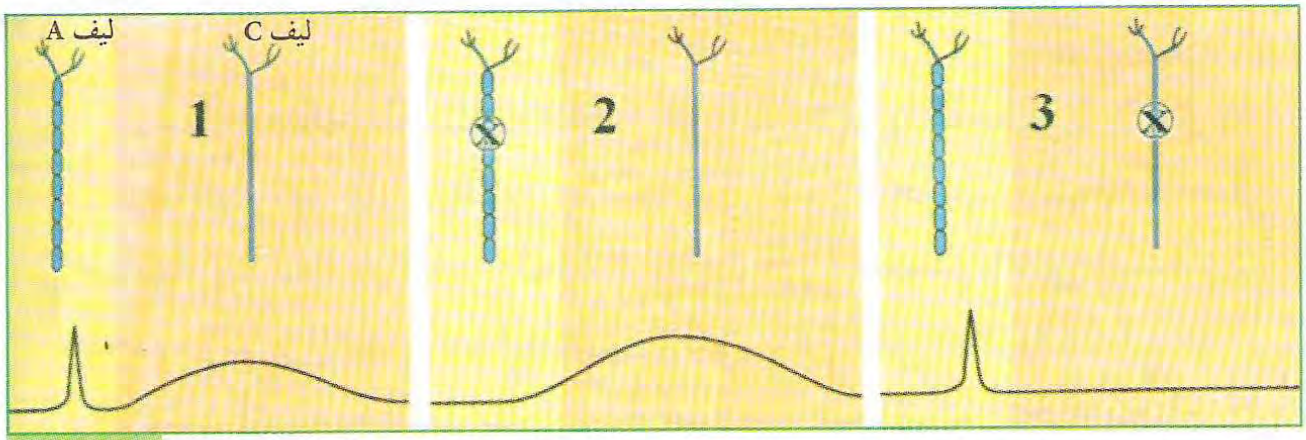
التمرين 5

تعود نكهة المأكولات أساسا إلى التوابل التي تضاف إليها، ومن أشهر هذه التوابل (الفلفل الحار) الذي يعطي للأكل مذاقا حارا. فما مصدر هذا المذاق ؟ وكيف نحس به ؟

للإجابة على هذه الإشكالية نحقق التجربة التالية:

المرحلة 1: تمثل الوثيقة (1) نتائج تجريبية أنجزت على ألياف حسية ناقلة مسؤولة عن الإحساس بالألم. حيث:

- التسجيلات (1) تم الحصول عليها إثر تنبيه فعال لعصب حسي يحتوي نوعين من الألياف(A وC).
- التسجيلين (2 و3) تم الحصول عليهما بعد تثبيط عمل أحد الليفين (A وC).



الوثيقة (1)

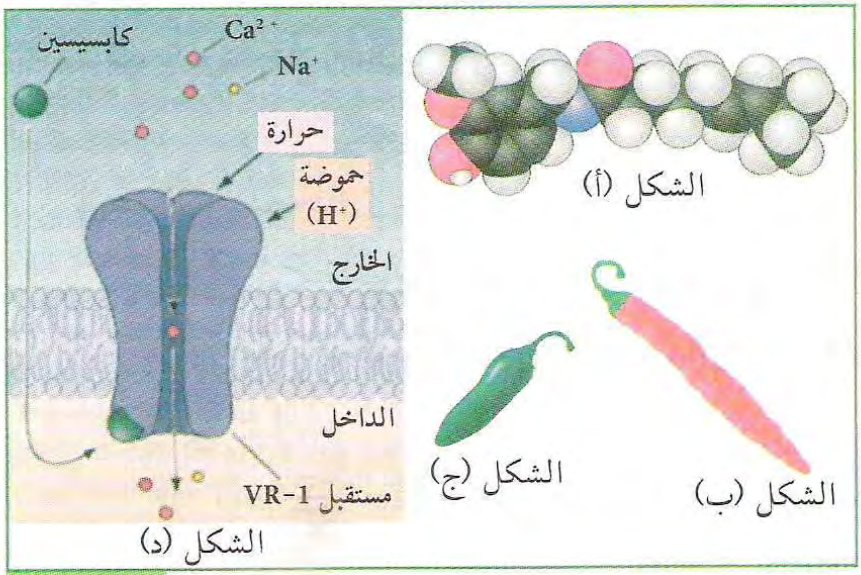
1. قارن بين بنية الليفين (A وC).

2. بالاعتماد على معارفك ونتائج التسجيلات: اشرح كيف نحس بالالم محددا البنيات المسؤولة عن ذلك مع التعليل.

3. هل تؤكد نتائج التسجيلين (2 و3) ما توصلت إليه في السؤال 2 ؟ علل ذلك.

المرحلة 2: يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (2) جزيئة الكابسيين المستخلصة من الشكلين (ب وج)، بينما يمثل الرسم التخطيطي للشكل(د) قناة VR-1 وهي قناة متواجدة في الألياف الحسية من نوع (C) .

بينت نتائج تجريبية أيضا أن تعاطي محلول من هذه المادة يؤدي إلى الإحساس بالمذاق الحار.



الوثيقة (2)

1. ماهي المعلومات المستخلصة من معطيات المرحلتين (1 و2) ؟

2. بالاعتماد على ما سبق اشرح مصدر مذاق الفلفل الحار، مبرزا دور البروتينات الغشائية في الاحساس بذلك.

المجال 2

التحولات

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى التزود بالطاقة بصورة دائمة كما تتميز بقدرتها على تحويل الطاقة من صور لأخرى للمحافظة على حياتها. إلا أن الكائنات الحية تختلف في المصدر الذي تستمد منه طاقتها ونوع التحولات الطاقوية التي تتم داخل خلاياها.

تشير الصورة المقابلة إلى نوعين من الكائنات الحية يحتاج كل منها إلى مصدر للطاقة كما يقوم كل منها بتحويل الطاقة إلى صورة قابلة للإستعمال في أداء وظائفه المختلفة.

فما هي التحولات الطاقوية التي تحدث في الكائن الأول (النبات) وفي الكائن الثاني (الطائر) ؟ وماهي صورة الطاقة والمادة المتنقلة بينهما وداخل خلايا كل منهما ؟

وحدات المجال:

1. آليات تحويل الطاقة الضوية إلى طاقة كيميائية كامنة.
2. آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP.
3. تحويل الطاقة على مستوى ما فوق البنية الخلوية.

الطاقوية

الوحدة 1

آليات تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة

تؤدي النباتات الخضراء وظيفة حيوية هامة تعتبر أهم ضمان لاستمرار الحياة، وإن ناتج عملية التركيب الضوئي يتمثل في تركيب جزيئات عضوية مخزنة للطاقة، حيث يقوم النبات الأخضر بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائة كامنة تتم وفق تسلسل جملة من التفاعلات الكيموحيوية بآليات دقيقة ومحددة.

➢ فما هو مقر هذه التحولات الطاقوية ؟ وماهي مراحل وآليات هذه التحولات ؟

عناصر الوحدة

1. تذكير بالمكتسبات (شروط عملية التركيب الضوئي ومظاهره).
2. مقر عملية التركيب الضوئي -ما فوق البنية الخلوية للصانعة الخضراء-.
3. تفاعلات المرحلة الكيموضوئية.
4. تفاعلات المرحلة الكيموحيوية.

النشاط 1

تذكير بالمكتسبات
(شروط عملية التركيب الضوئي ومظاهره)

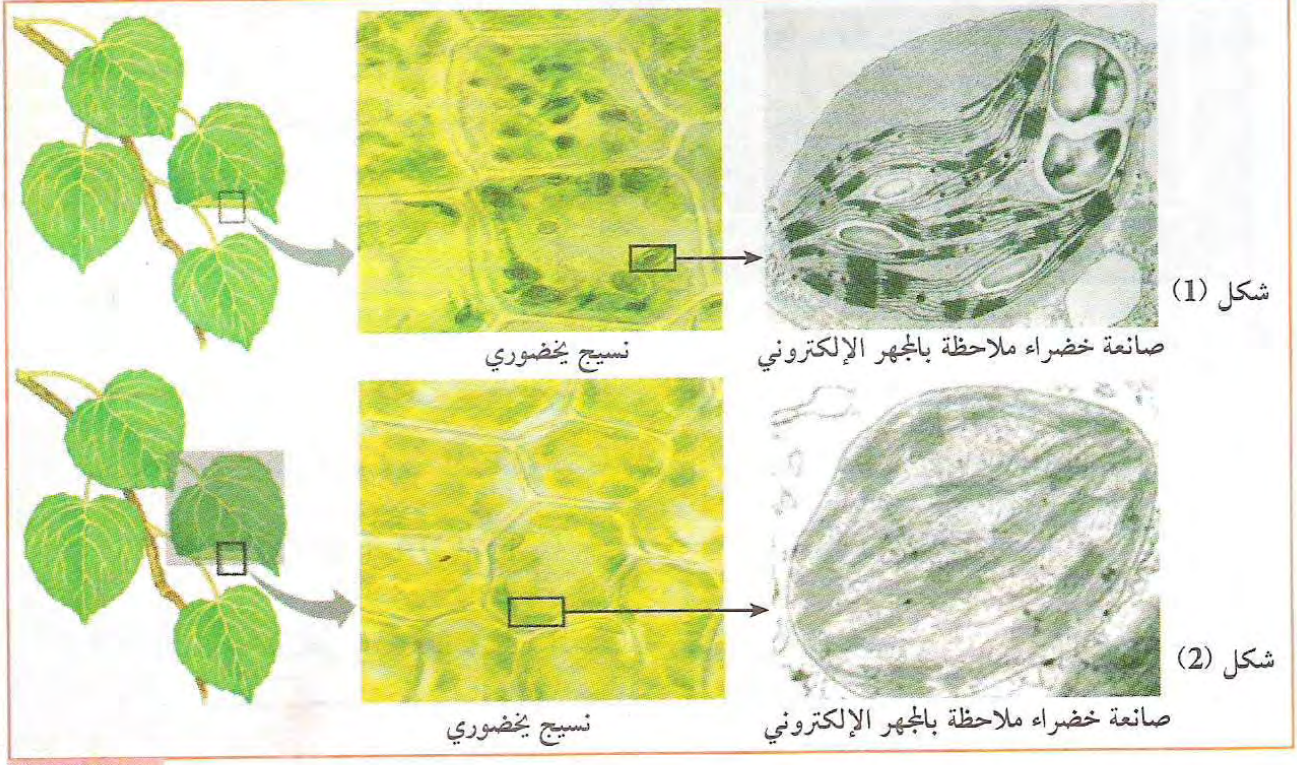
التركيب الضوئي ظاهرة حيوية يتم خلالها صنع جزيئات عضوية، لا تتم هذه الظاهرة إلا بتوفر شروط تسمح بحدوثها.

➢ فما هي شروط عملية التركيب الضوئي ؟

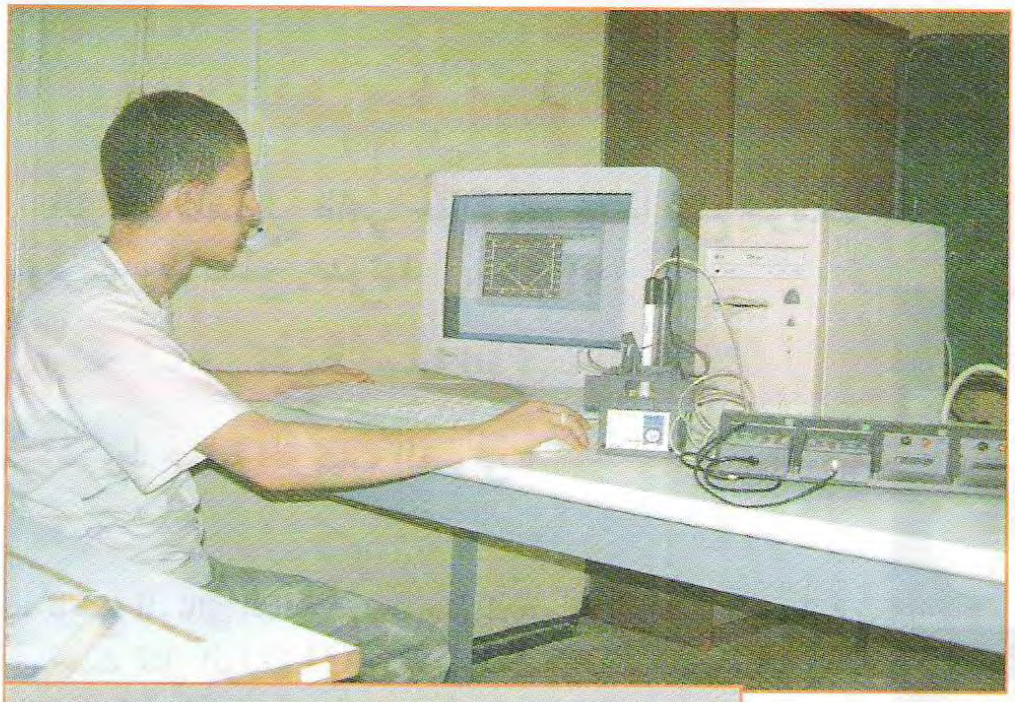
شروط عملية التركيب الضوئي

الوثيقة (1)

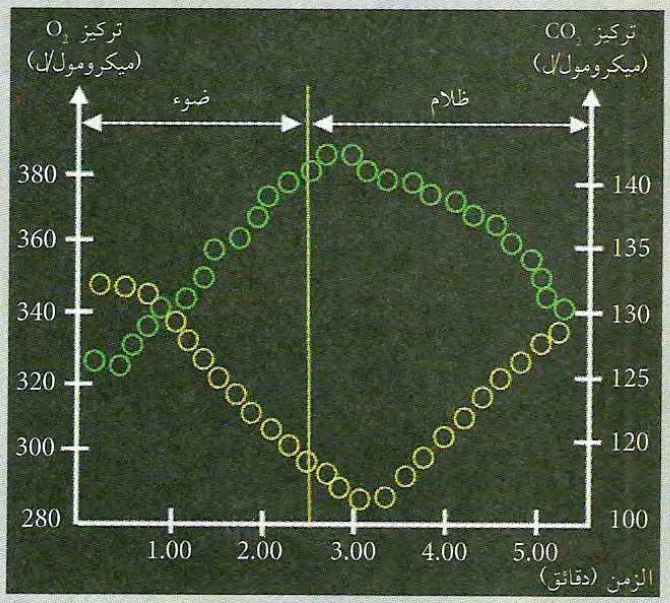
توضح الوثائق التالية شروط حدوث عملية التركيب الضوئي:
حيث تمثل الوثيقة (1) ورقة مبرقشة عرضت للضوء لمدة زمنية كافية (شكل 1) ثم عوملت بتقنية خاصة للكشف عن الجزيئات العضوية (الشكل 2).
يوضح الشكلان (1 و2) من الوثيقة (2) النتائج التجريبية لورقتين إحداهما عرضت للضوء والأخرى في الظلام.



الوثيقة (2)



الوثيقة (3) توضح التركيب التجريبي المدعم بالحاسوب ExAO ونتائج تجارب أنجزت على أشنة خضراء في شروط تجريبية مختلفة.



الوثيقة (3)

استغلال الوثائق:

1. ماذا تستخلص من معطيات الوثيقة (1) ؟
2. قارن النتائج التجريبية في الشكلين (1 و2) من الوثيقة (2)، ماذا تستخلص ؟
3. حلل النتائج التجريبية للوثيقة(3)، ماذا تستخلص ؟

- اعتمادا على نتائج التجارب السابقة ومعارفك وباستغلال المعادلة الإجمالية التالية لتركيب النشا:

$$n(H_2O) + n(CO_2) \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} \underset{\text{نشا}}{(CH_2O)n} + n(O_2)$$

* استخرج مظاهر وشروط عملية التركيب الضوئي ومقرها.
* أنجز مخططا يلخص مجموع مظاهر عملية التركيب الضوئي وشروطه.

النشاط 2

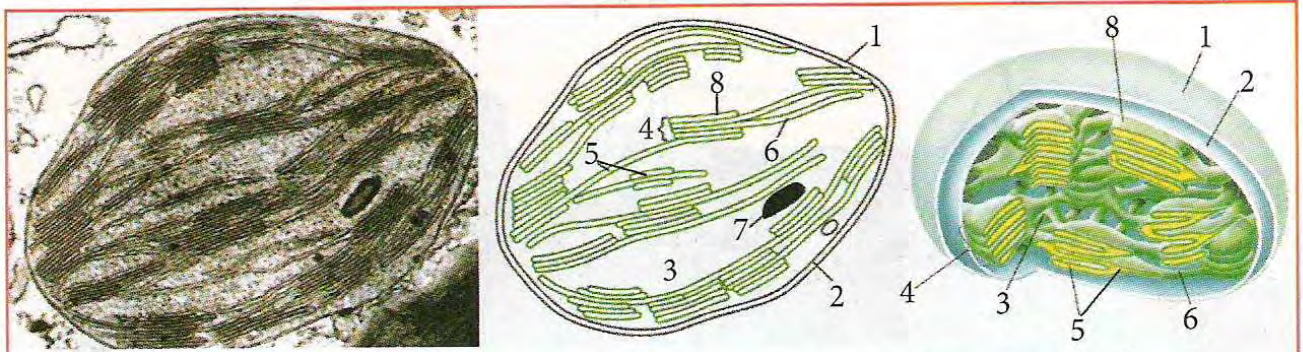
مقر عملية التركيب الضوئي - ما فوق البنية الخلوية للصانعة الخضراء-

أمكن التوصل في النشاط السابق إلى أن تركيب النشا يتم في الصانعة الخضراء، حيث تحدث جميع التفاعلات الكيموحيوية للتركيب الضوئي.

➢ فكيف تظهر الصانعة بالمجهر الالكتروني ؟ وما تركيبها الكيميائي ؟ وكيف تتوضع مكوناتها ؟

❶ بنية الصانعة الخضراء

تمثل الوثيقة (1) ما فوق بنية الصانعة الخضراء كما يظهرها المجهر الالكتروني مع رسم تفسيري ومجسم للصانعة الخضراء.



1. غشاء خارجي 3. الحشوة 5. تجويف تيلاكويد 7. نشا
2. غشاء داخلي 4. غرانا (بذيرة) 6. صفيحة حشوية 8. كيس (تيلاكويدة)

الوثيقة (1)

1. إعتماد على معطيات الوثيقة (1) قدم وصفا دقيقا لمظهر الصانعة.
2. للصانعة الخضراء بنية حجيرية (مقسمة إلى حجرات) علل ذلك معتمدا على وصفك السابق.

❷ التركيب الكيموحيوي للصانعة الخضراء

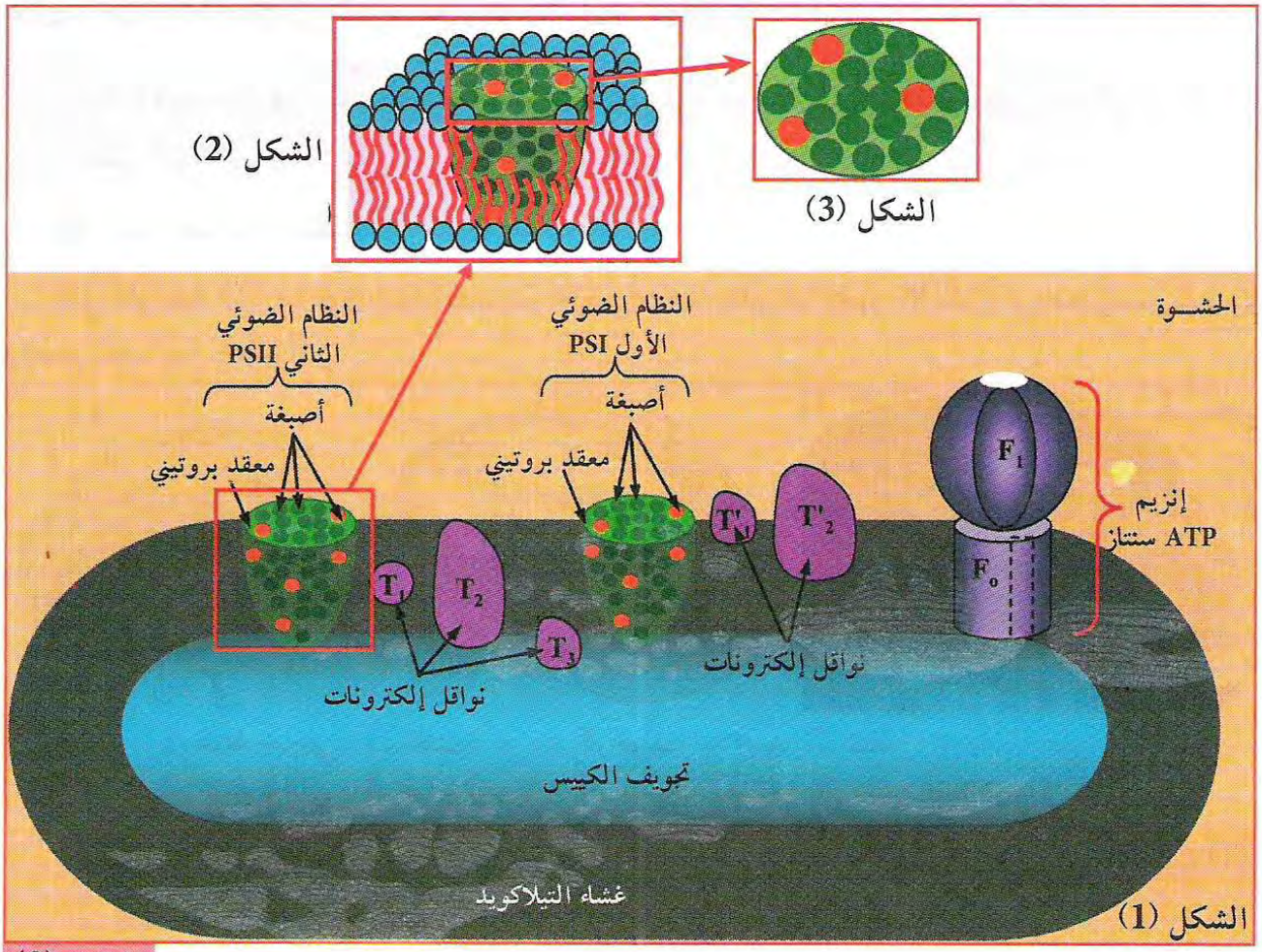
سمح فصل مكونات الصانعة الخضراء وإجراء التحليل الكيميائي لكل من الحشوة والتلاكويد من الحصول على النتائج الموضحة في الجدول المقابل.

- قارن بين مكونات كل من الحشوة وأغشية التيلاكويد. ماذا تستنتج ؟

جزء الصانعة الخضراء	أهم المكونات الكيميائية
أغشية التلاكويد	أصبغة يخضورية أصبغة أشباه الجزرين نواقل الإلكترونات نوعان من الأنظمة الضوئية (PSI وPSII) إنزيم ATP سنتاز (الكرية المذنبة)
الحشوة	مواد أيضية لتركيب الجزيئات العضوية مرافقات إنزيمية ($NADP^+$ وNADPH) ADP, ATP وPi إنزيمات متنوعة أهمها ريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز Rubisco

❸ مافوق بنية التيلاكويد (تموضع مكونات التيلاكويد)

يمثل الشكل (1) من الوثيقة (2) رسم تخطيطي لتموضع مكونات غشاء التيلاكويد في إحدى الكييسات، بينما يمثل الشكل (2) من نفس الوثيقة رسم تخطيطي لمقطع في جزء من غشاء التيلاكويد أما الشكل (3) فيمثل رسم تخطيطي مبسط لنظام ضوئي.

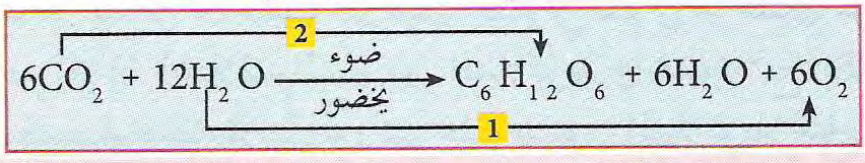


الوثيقة (2)

1. اعتمادا على رسومات الشكلين (1 و2) قدم وصفا لكيفية توضع مكونات غشاء التيلاكويد.
2. إن توضع جزيئات اليخضور يكون على شكل أنظمة ضوئية، حدد بنية النظام الضوئي بالاستعانة بأشكال الوثيقة (2).

❹ طبيعة التفاعلات الكيميائية للتركيب الضوئي

إن التفاعلات الكيميائية للتركيب الضوئي يمكن تلخصيها في المعادلة الإجمالية التالية:

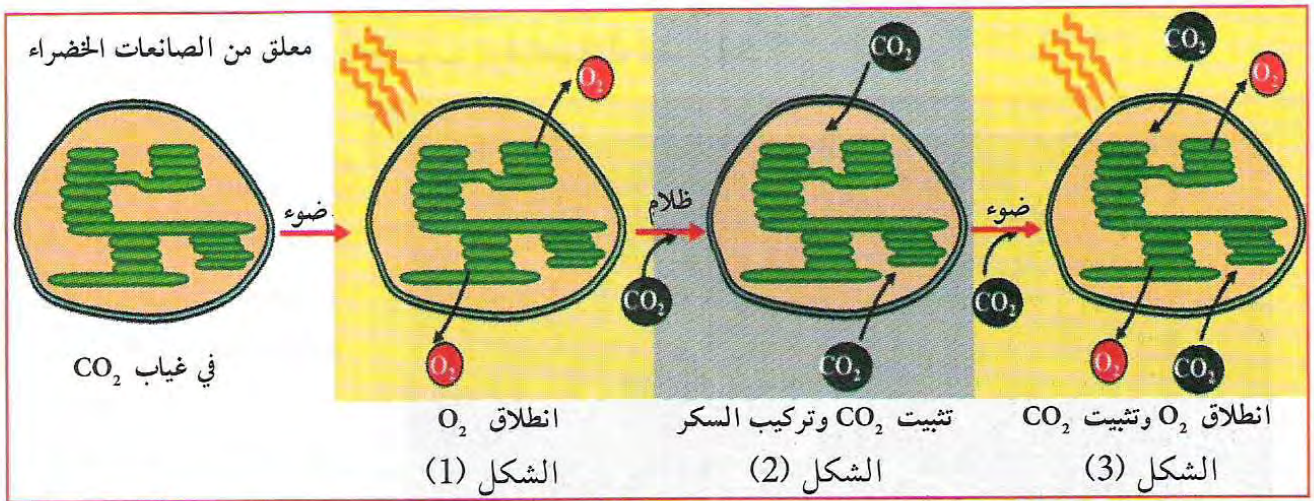


$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

1. استخلص من المعادلة نوع التفاعل الذي حدث في (1 و2) ؟
2. استنتج من المعادلة إذن طبيعة تفاعلات ظاهرة التركيب الضوئي ؟
3. إذا علمت أن التفاعل (1) فقط يتطلب ضوء ويخضور ولا يتطلب التفاعل (2) ذلك، حدد إذا البنيات المتدخلة في سيرورة التركيب الضوئي.
4. إن وظيفة أي عضية مرتبطة أساسا بتركيبها الكيميائي، هل ينطبق هذا على كل من التلاكويد والحشوة ؟ علل ذلك معتمدا على التركيب الكيميائي لكل منهما.

❺ مراحل عملية التركيب الضوئي

لتوضيح مراحل حدوث عملية التركيب الضوئي تم تعريض معلق للصانعات الخضراء للضوء في شروط تجريبية مناسبة في غياب CO_2 فلوحظ انطلاق O_2 لفترة قصيرة ثم يتوقف. عند وضع المعلق السابق في الظلام وإمداده بـ CO_2 لوحظ تثبيت لـ CO_2 وتركيب للسكر لفترة قصيرة. عند وضع المعلق في الضوء و CO_2 يلاحظ انطلاق O_2 وتثبيت CO_2 بصورة مستمرة. مراحل التجربة موضحة في أشكال الوثيقة (3).



الوثيقة (3)

1. حدد شروط انطلاق O_2 في الشكل (1).
2. يمثل الشكلين (1 و2) من التجربة مرحلتين متتاليتين من عملية التركيب الضوئي نسميهما مرحلة (أ) ومرحلة (ب)، ما هي شروط حدوث كل مرحلة ؟
3. اقترح تسمية لكل مرحلة اعتمادا على شروط حدوثها ؟
4. هل يمكن للمرحلة (ب) أن تتم في الضوء ؟ علل إجابتك بالإستعانة بالشكلين (2 و3) ؟

النشاط 3

تفاعلات المرحلة الكيمو ضوئية

تبين من النشاط السابق أن عملية التركيب الضوئي تتم في مرحلتين: مرحلة كميوضوئية ومرحلة كيموحيوية. إن اختلاف البنية بين التيلاكويد والحشوة سمح بالتوصل إلى وجود اختلاف في وظيفتيهما، فالتفاعلات التي تتم على مستوى التيلاكويد تحتاج إلى ضوء وتكون مصحوبة بانطلاق O_2 وتدعى بتفاعلات المرحلة الكيموضوئية.

➢ فما هي شروط عمل التيلاكويد ؟ وما هي آلية حدوث هذه المرحلة والتفاعلات التي تحدث فيها ؟

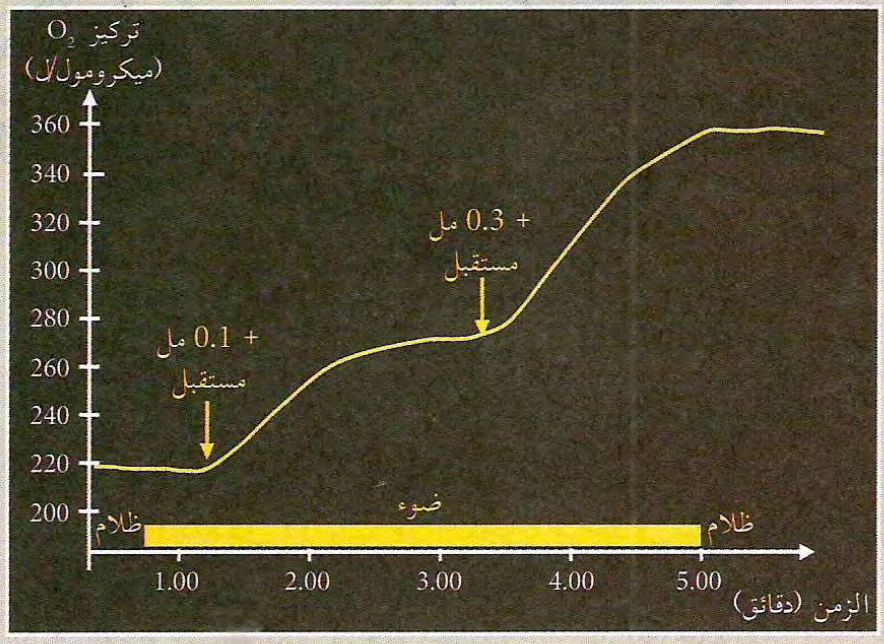
❶ شروط عمل التيلاكويد

أ) يحتوي التيلاكويد على أصبغة اليخضور ويحتاج عملها إلى توفر شروط أساسية، وينتج من عمل التيلاكويد انطلاق O_2، لتحديد شروط عمل التيلاكويد نستعرض التجارب التالية:

تجربة 1:

تم تحضير معلق من التيلاكويدات المعزولة في شروط تجريبية مختلفة (ضوء وظلام)، حيث أضيف للوسط الكاشف فيروسيانور البوتاسيوم $K_3Fe(CN)_6$ بتركيز (0.1 مل) ثم (0.3 مل) الذي يقوم بدور مستقبل اصطناعي للإلكترونات وذلك في فترة الإضاءة. لوحظ بعد حقن فيروسيانور البوتاسيوم تغير لون محلول الوسط من بني محمر (حالة مؤكسدة) إلى أخضر (حالة مرجعة).

نتائج التجربة المدعمة بالحاسوب توضحها الوثيقة (1).



الوثيقة (1)

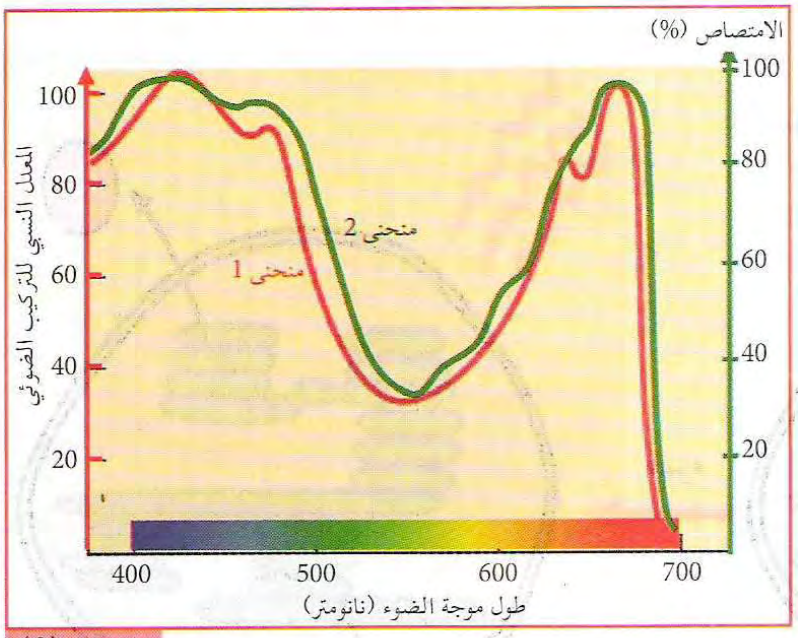
استغلال الوثائق:

1. حلل منحنى الوثيقة (1) مع توضيح تأثير كمية فيروسيانور البوتاسيوم.
2. حدد نوع تفاعل المستقبل في هذه التجربة، علل إجابتك.
3. استخرج شروط انطلاق الأكسجين في هذه التجربة ؟

ب) تجربة 2 (تأثير ألوان الطيف على عمل التيلاكويد):

تبين من التجربة السابقة أن الضوء شرط أساسي من شروط عمل التيلاكويد فماهو تأثير مختلف مكونات الضوء (ألوان الطيف) على انطلاق O_2 ؟

لإظهار دور ألوان الطيف على عمل التيلاكويد يتم تعريض معلق للصانعات الخضراء إلى ضوء بأطوال موجات مختلفة في المجال المرئي (من 380 إلى 700 نانومتر) ويتم قياس كمية الأكسجين المنطلق عن طريق إدخال لاقط O_2 إلى المعلق. كما يتم في تجربة موازية قياس شدة الامتصاص لمحلول اليخضور الخام في نفس مجال الضوء المستعمل. نتائج التجربتين موضحة في منحني الوثيقة (2).



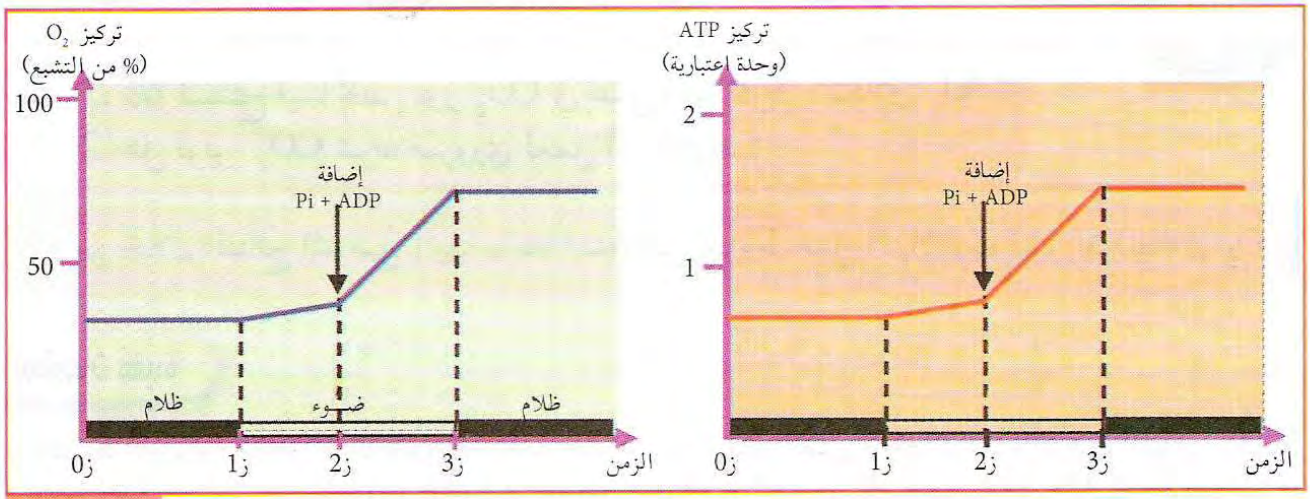
الوثيقة (2)

استغلال الوثائق:

1. حدد من المنحنى أطوال موجات الضوء الأكثر فعالية ؟
2. قارن بين منحني الوثيقة (2). ماذا تستنتج ؟

ج) تجربة 3 (تأثير الـ ADP وPi على عمل التيلاكويد):

تم قياس تركيز كل من O_2 وATP في معلق من الصانعات الخضراء في شروط تجريبية مناسبة قبل وبعد حقن مادتي ADP وPi. نتائج وشروط التجربة موضحة في الوثيقة (3).



الوثيقة (3)

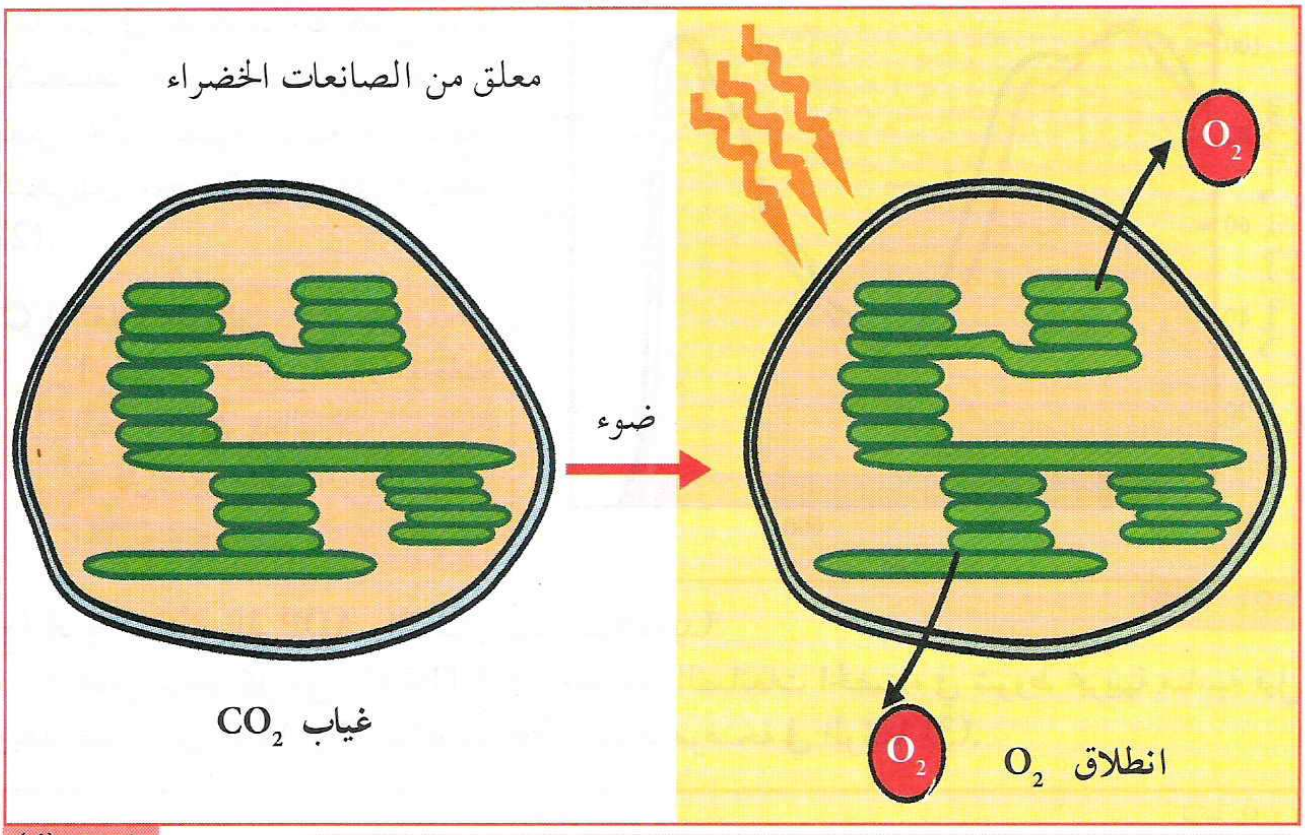
استغلال الوثائق:

1. قدم تحليلا مقارنا للمنحنيين (1 و2) من الوثيقة (3).
2. ماذا تستنتج حول تأثير ADP وPi على انطلاق O_2 ؟

د- دور CO_2 في عمل التيلاكويد:

أثناء عمل التيلاكويد يتم انطلاق الأكسجين وتركيب ATP فهل لـ CO_2 تأثير على عمل التيلاكويد ؟

لإظهار ذلك نجري تجربة مشابهة للتجربة الموضحة في الشكل (3) من الوثيقة (2) في النشاط السابق. حيث يتم تعريض معلق من الصانعات الخضراء للضوء في غياب CO_2 فيلاحظ انطلاق O_2 لفترة قصيرة. النتائج موضحة في الوثيقة (4).



الوثيقة (4)

1. ماذا تستنتج فيما يخص دور CO_2 في عمل التيلاكويد (انطلاق O_2) ؟
2. هل توفر CO_2 شرط ضروري لعمل التيلاكويد ؟

* من خلال النتائج المتوصل إليها سابقا استخلص شروط عمل التيلاكويد (شروط انطلاق O_2) ؟

معلومات مفيدة

في الشروط الفيزيولوجية داخل النبات تحتوي الصانعات الخضراء على المركبات الضرورية لحدوث عملية التركيب الضوئي. عند فصل مكونات الخلية للحصول على الصانعات الخضراء أو عضيات أخرى تتم عملية سحق الأنسجة النباتية في محاليل مختلفة. قد تؤدي هذه العملية إلى فقد جزء من المركبات المتواجدة داخل الصانعات الخضراء (مثل المستقبل الطبيعي للإلكترونات وغيره) مما قد يتطلب إضافة هذه المواد من الخارج أثناء إجراء التجارب.

❷ آلية عمل التيلاكويد

أ) إظهار مصدر الأكسجين المنطلق:

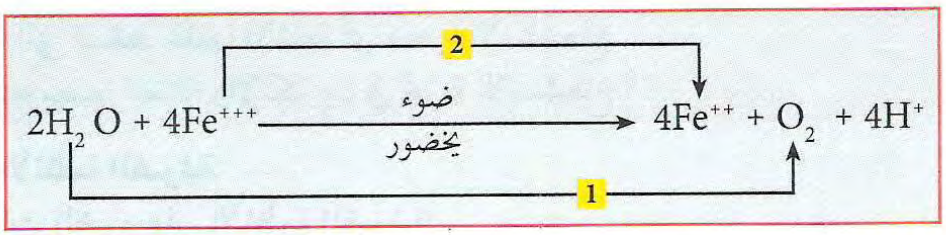
في نفس الشروط التجريبية السابقة التي تسمح بانطلاق (O_2) وضعت الكلوريلا (أشنة خضراء) في وسطين يحوي كل منهما على 4% من CO_2 ومعرضين للضوء، الوسط الأول يحوي CO^*_2 (ذو أكسجين مشع) بينما يحتوي الوسط الثاني على H_2O^* (ذو أكسجين مشع). النتائج موضحة في الجدول الموالي.

الوسط	الجزيئة الحاملة للإشعاع	الأكسجين المنطلق
الأول	CO^*_2	غير مشع
الثاني	H_2O^*	مشع

- ما هي المعلومات المستخلصة من النتائج التجريبية ؟

ب) مصدر الإلكترونات لإرجاع المستقبل الإصطناعي (شوارد الحديد):

أمكن تلخيص التفاعلات التي أدت إلى تحول لون المحلول وانطلاق (O_2) في التجربة الممثلة نتائجها في الوثيقة (1) في المعادلة التالية:



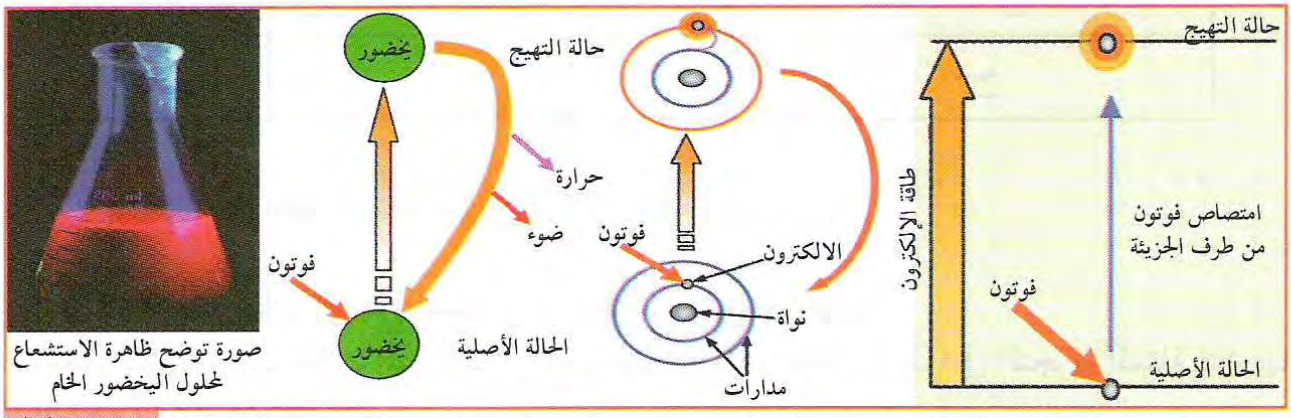
1. حدد نوع التفاعل الذي حدث في (1، 2).
2. قدم تفسيرا للتفاعل (2).
3. هل يؤكد التفاعل (1) النتيجة المتوصل إليها في الفقرة (أ) ؟ وضح ذلك ؟
4. مثل التفاعلين (1 و2) في معادلتين بسيطتين.

ج) دور اليخضور والضوء في إرجاع مستقبل الإلكترونات:

تنتقل الإلكترونات تلقائيا من كمون أكسدة / إرجاع منخفض إلى كمون مرتفع ويتحرر من ذلك طاقة تتناسب كميتها مع فرق الكمون. فكيف يمكن لجزيئات الماء ذات الكمون المرتفع (0.82+) فولت أن ترجع ذرات الحديد ذات الكمون المنخفض (0.3+) فولت. وكيف يمكن للإلكترونات أن تنتقل عكس الاتجاه التلقائي ؟ لتوضيح كيفية ارجاع مستقبل الالكترونات نستعرض التجربة والملاحظات التجريبية حول دور اليخضور.

1) تجربة التفلور (الإستشعاع):

نعرض وعاء زجاجي مخروطي يحوي محلول يخضور خام (تم استخلاصة سابقا) لحزمة من الضوء الأبيض وذلك في غرفة مظلمة، الملاحظات المسجلة إلى جانب تفسير الظاهرة موضحة في أشكال الوثيقة (5).



الوثيقة (5)

1. بالاعتماد على نتيجة التجربة والرسم التفسيري فسر ظهور اللون الأحمر على الواجهة التي تسقط عليها الأشعة أي ظاهرة الإستشعاع.
2. استنتج مصير الطاقة والإلكترون في تجربة الاستشعاع ؟

2) آلية عمل الأنظمة الضوئية:

أ) تأثير فوتونات الضوء على الأنظمة الضوئية:

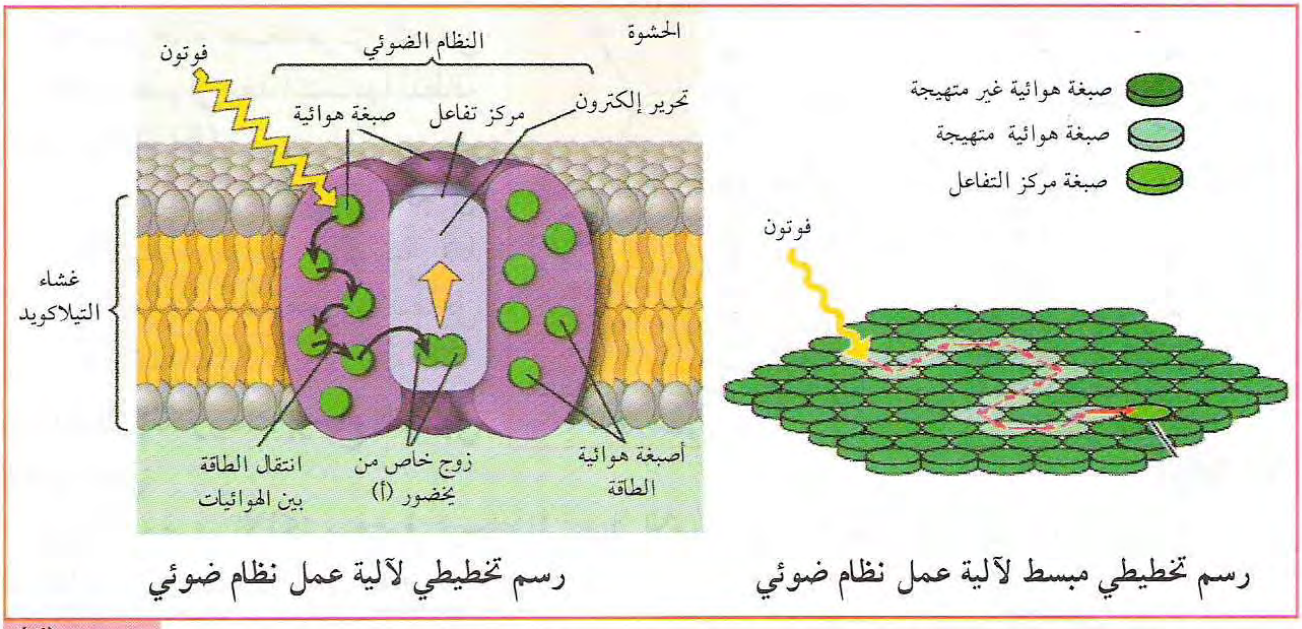
تبين من تجربة التفلور أن الضوء يسبب تهيج اليخضور وانتقال الإلكترون إلى مدار خارجي حيث يعود الإلكترون إلى مداره (لا يفقد) بينما تفقد الطاقة في شكل ضوء وحرارة. إن تجربة التفلور تمت في المخبر باستعمال يخضور مستخلص من أنسجة نباتية خضراء وهي لا تفسر أكسدة شوارد الحديد في التجربة (1) حيث أثبتت قياسات التفلور على النباتات في الحالة الطبيعية عدم حدوث تفلور إلا بدرجة قليلة جدا.

فما هو مصدر الإلكترونات لإرجاع شوارد الحديد في التجربة (1) وماهو دور الضوء واليخضور في ذلك إذا ؟

توضح الوثيقة (6) آلية عمل أصبغة النظام الضوئي:

معلومات مفيدة

- الفوتون : الفوتون هو تعبير كمي للطاقة الضوئية وتتناسب هذه الكمية عكسا مع طول موجة الضوء
- **كمون الأكسدة / إرجاع**: يعبر مفهوم كمون الأكسدة / إرجاع على قدرة المركبات أو الذرات على تحرير الإلكترونات ويقاس بوحدات الفولت. يتم تمثيل المركبات أو الذرات القابلة للأكسدة والإرجاع في شكل أزواج (ثنائيات) تشمل الصورة المؤكسدة والمرجعة مثل: $NADP^+ / NADPH$ و Fe^{3+} / Fe^{2+}. تنتقل الإلكترونات بصورة تلقائية من المركبات أو الذرات ذات الكمونات المنخفضة نحو الكمونات المرتفعة.



رسم تخطيطي مبسط لآلية عمل نظام ضوئي — رسم تخطيطي لآلية عمل نظام ضوئي

الوثيقة (6)

1. ماذا يحدث عند سقوط فوتونات على أصبغة هوائية في النظام الضوئي ؟
2. حدد دور كل من الأصبغة الهوائية وأصبغة مركز التفاعل في النظام الضوئي ؟
3. علل استعمال تسمية مركز التفاعل لجزيئات من اليخضور في النظام الضوئي ؟

لتوضيح عمل الأنظمة الضوئية نستعرض المعطيات المبينة في الجدول الموالي وفي أشكال الوثيقة (7).

التسمية	نوع الصبغة	عدد الجزيئات / نظام ضوئي	الرمز المستعمل
أصبغة هوائية	يخضور أ يخضور ب	عدة مئات	P1, P2 , P3,.....Pn
	أشباه الجزرين (أصبغة مساعدة)	عشرات	
أصبغة مركز التفاعل	يخضور أ	2 فقط	P_{680} في PSII P_{700} في PSI

فوتون
أصبغة هوائية
مركز التفاعل
1 استقبال الطاقة الضوئية من طرف صبغة هوائية P1
2 تهيج صبغة هوائية P1
3 تهيج صبغة هوائية P2 بعد انتقال الطاقة إليها من صبغة هوائية مجاورة P1
4 تهيج صبغة مركز التفاعل بعد انتقال الطاقة إليها من صبغة هوائية مجاورة P2
5 تحرير إلكترون غني بالطاقة من صبغة مركز التفاعل (أكسدة)

الوثيقة (7) انتقال الطاقة بين أصبغة النظام الضوئي

استغلال الوثائق:

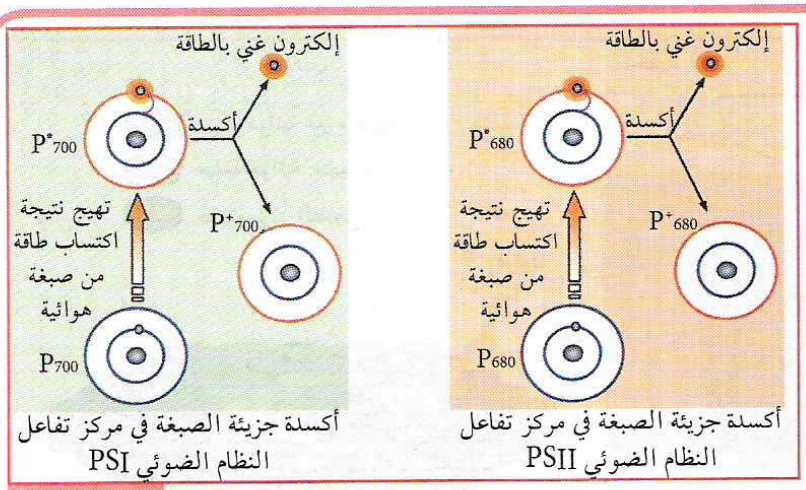
1. حلل معطيات الجدول والوثيقة (7).
2. ماذا تستخلص ؟

معلومات مفيدة

- يرمز لصبغة ضمن النظام الضوئي بالحرف P (Pigment)، وتضاف أرقام للحرف P مثل P_1 و P_2 و P_3 إلى Pn للصبغات الهوائية. بينما تضاف الأرقام 680 و700 لأصبغة مركزي التفاعل لـ PSII وPSI (P700, P680) لتمييزها عن باقي أصبغة النظام الضوئي. وتمثل هذه الأرقام أطوال الموجات التي يكون عندها امتصاص هذه الأصبغة أعضميا. بالرغم من أن هذه الأصبغة يمكن أن تتنبه عند هذين الموجتين فإنها تتلقى معظم طاقتها من الأصبغة الهوائية أساسا وليس من الفوتونات الضوئية مباشرة.

لتوضيح حالة أصبغة مركز التفاعل في النظام الضوئي بعد اكتسابها للطاقة نقدم الوثيقة (8).

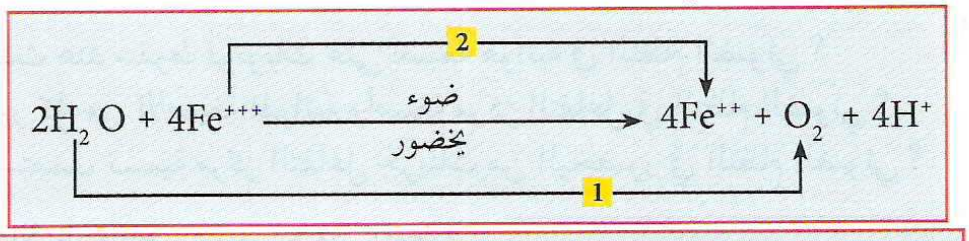
- قارن بين انتقال الطاقة في الأصبغة الهوائية (الوثيقة 6) وانتقالها في أصبغة مركز التفاعل (الوثيقة 8) ؟



الوثيقة (8)

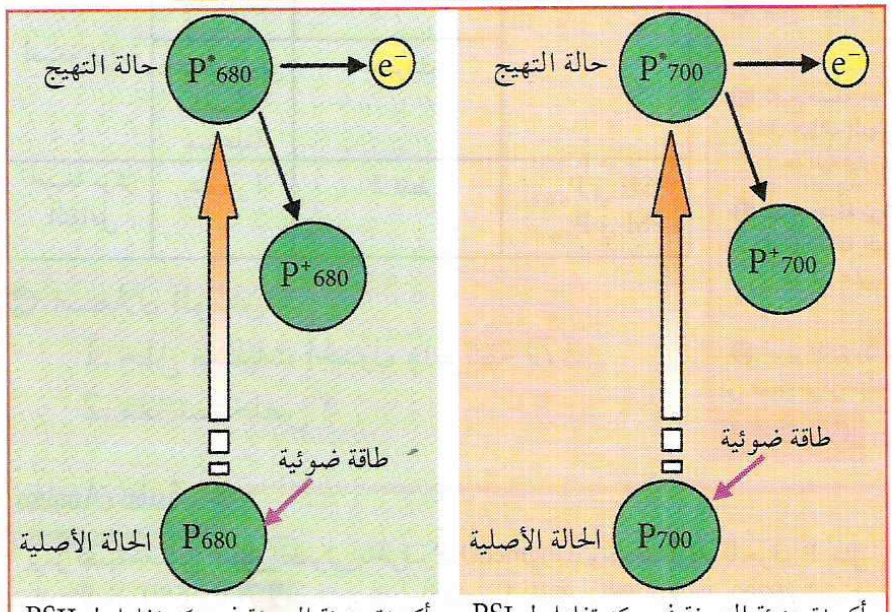
ب) مصدر إلكترونات إرجاع المستقبل الاصطناعي:

لتوضيح مصدر الإلكترونات في إرجاع المستقبل الإصطناعي للإلكترونات (شوارد الحديد) نستعرض المعادلات والمخططات الموضحة في الوثيقة (9).



$2P^{*}_{680} \longrightarrow 2P^{+}_{680} + 2e^{-}$ عالية الطاقة

$2P^{*}_{700} \longrightarrow 2P^{+}_{700} + 2e^{-}$ عالية الطاقة



الوثيقة (9)

- بالإستعانة بالمعادلات ومخططات الوثيقة (9)، أوجد علاقة بين دور كل من اليخضور والضوء من جهة، وإرجاع شوارد Fe^{3+} من جهة أخرى موضحا كيفية إرجاع شوارد Fe^{3+} انطلاقا من إلكترونات H_2O.

❸ تسلسل تفاعلات المرحلة الكيموضوئية

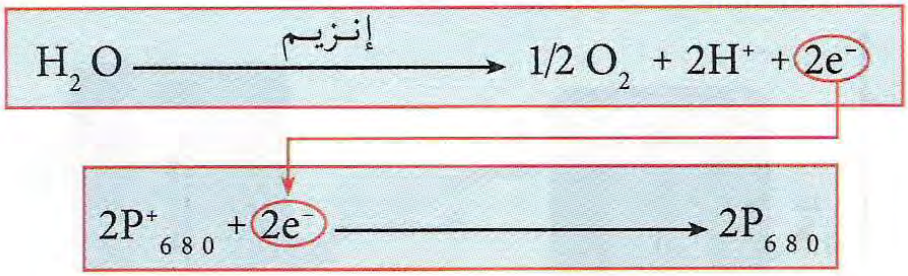
أ) مصير الإلكترونات المتحررة:

إن تهيج أصبغة النظامين الضوئيين (PSI وPSII) تؤدي في النهاية إلى فقد إلكترونات غنية بالطاقة. وقد تبين من خلال دراسة مكونات أغشية التيلاكويد (النشاط 2) وجود عدد من نواقل الإلكترونات بالإضافة إلى النظامين الضوئيين. فماهو مصير الإلكترونات المفقودة من مركز التفاعل والطاقة الموجودة فيها ؟ وماهو دور نواقل الإلكترونات وآلية عملها ؟

1) مصير إلكترونات الماء:

إن أكسدة صبغتين من يخضور (أ) في مركز التفاعل PSII أدت إلى تحرر إلكترونَين من النظام الضوئي PSII. لايمكن لجزيئتي اليخضور (أ) في PSII في هذه الحالة أن تستعيد قدرتها على تحرير الإلكترونات من جديد إلا إذا استعادت الإلكترونـات التي فقدتهـا، فمن أين تستمدها ؟

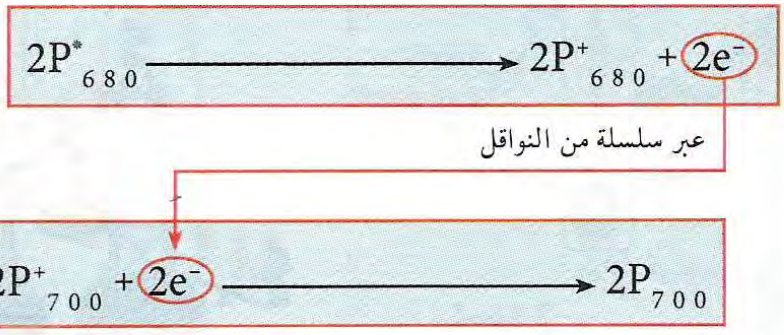
- بينت الدراسات حول بنية ووظيفة النظام الضوئي PSII وجود جزء بروتيني ضمن المعقد البروتيني له دور إنزيم يحلل الماء ليتحرر من ذلك إلكترونين لتعويض الإلكترونات المفقودة من P_{680} وفق المعادلة:



- باعتبار أن الماء هو مصدر الإلكترونات التي تعوض الإلكترونات المتحررة من PSII فمن أين يتم تعويض الإلكترونات المفقودة من PSI ؟

2) مصير إلكترونات PSII:

أظهرت التجارب باستعمال المثبطات أن الإلكترونات الناتجة من PSII تنتقل عبر سلسلة من نواقل الإلكترونات لتستقبل من طرف أصبغة مركز التفاعل لـ (P_{700}) PSI حتى يتمكن هذا النظام الضوئي من تحرير الإلكترونات من جديد حسب التفاعل التالي:



باعتبار أن مصير الإلكترونات المتحررة من PSII يتمثل في تعويض الإلكترونات المتحررة من PSI فماهو مصير الإلكترونات المتحررة من PSI ؟

3) مصير إلكترونات PSI:

أظهرت التجارب أن الإلكترونات الناتجة من PSI تنتقل عبر سلسلة من النواقل لتستقبل من طرف مستقبل إلكترونات ($NADP^+$) حسب التفاعل التالي:

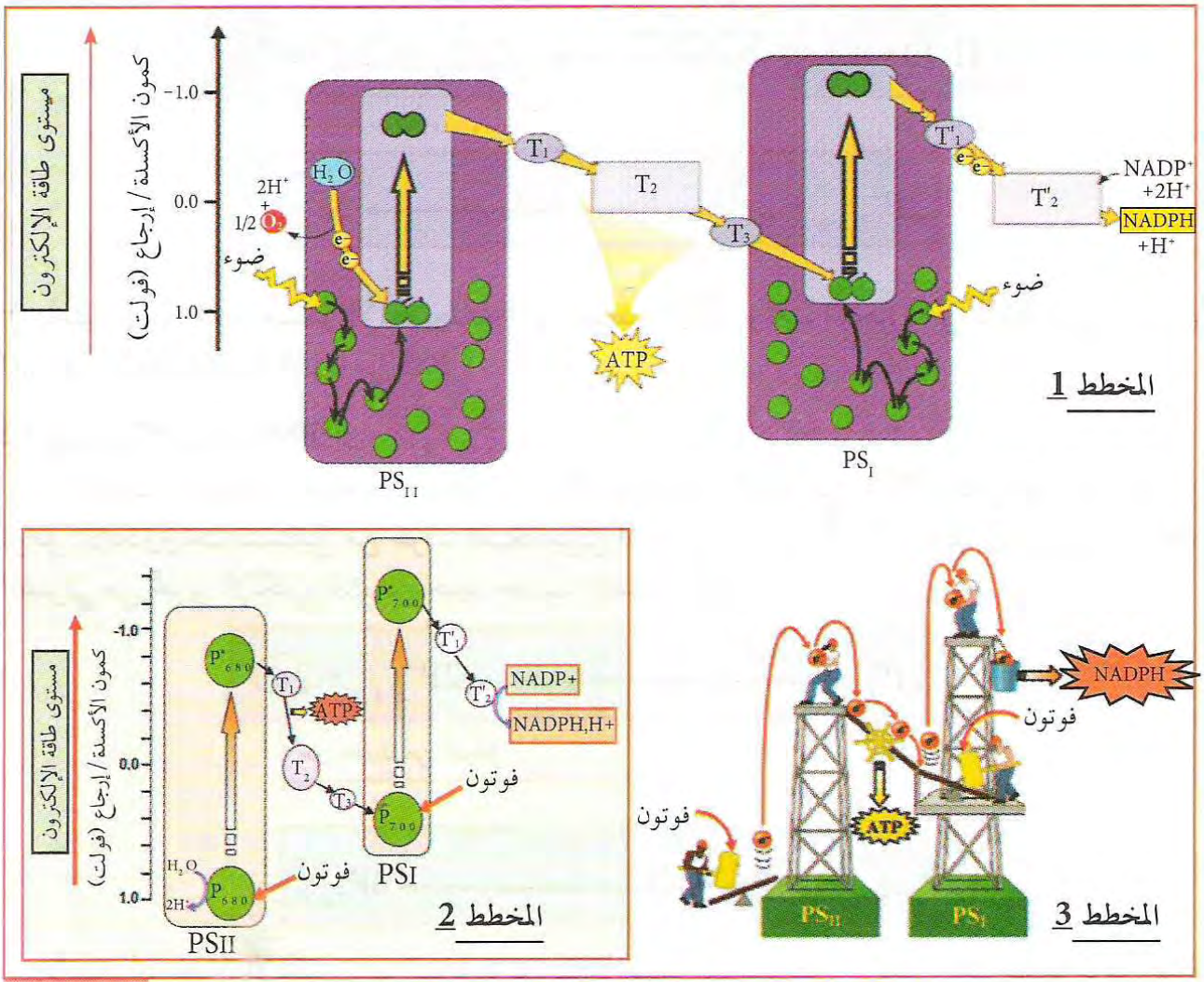
$$2P^{*}_{700} \longrightarrow 2P^{+}_{700} + 2e^-$$

عبر سلسلة من النواقل

$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADPH + H^+$$

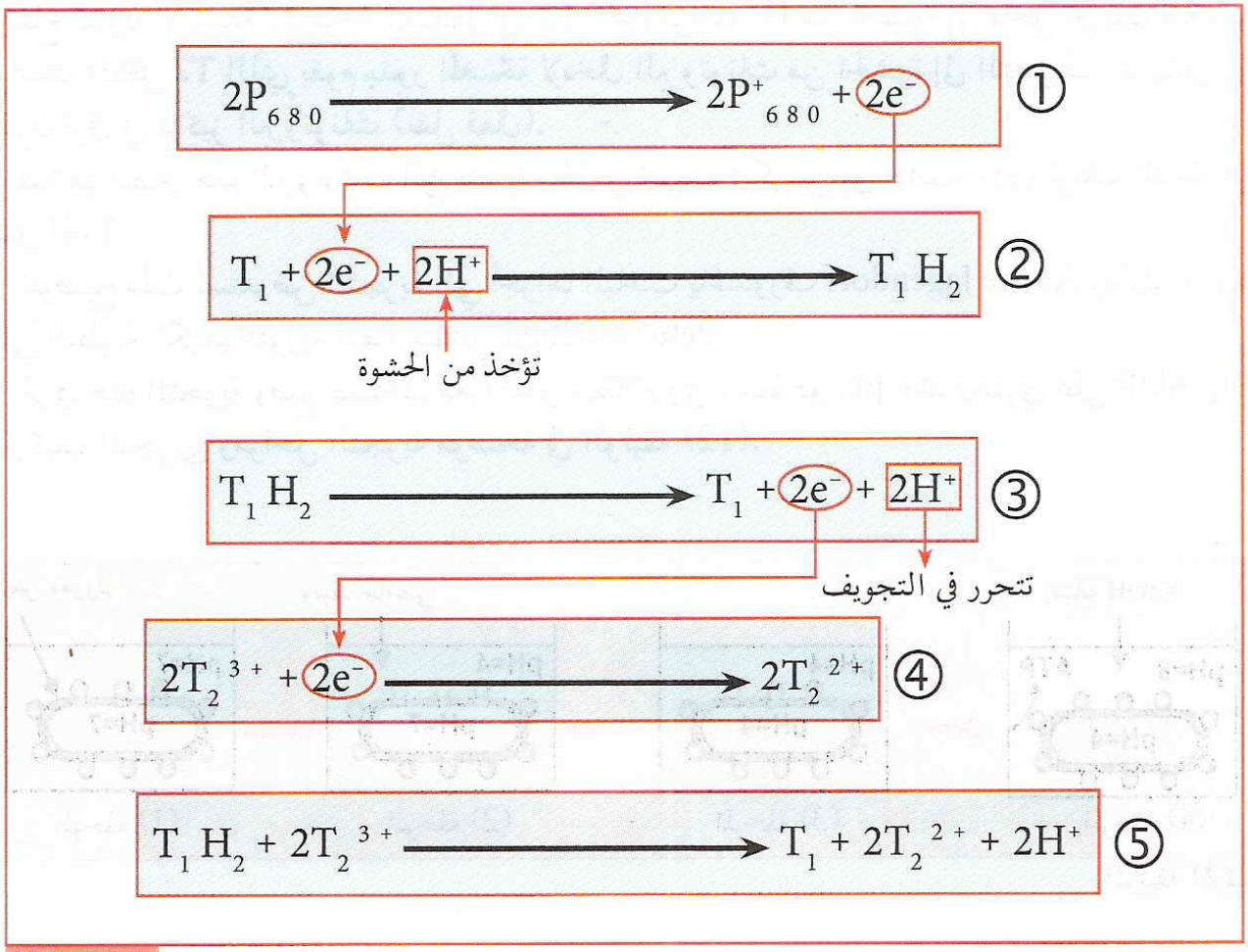
ب) آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية:

يمثل المخططين (1 و2) من الوثيقة (10) آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية (سلسلة انتقال الإلكترونات) بينما يوضح المخطط (3) من نفس الوثيقة نمذجة لهذه الآلية.



الوثيقة (10)

كما توضح معادلات الوثيقة (11) أيضا آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية.



الوثيقة (11)

استغلال الوثائق:

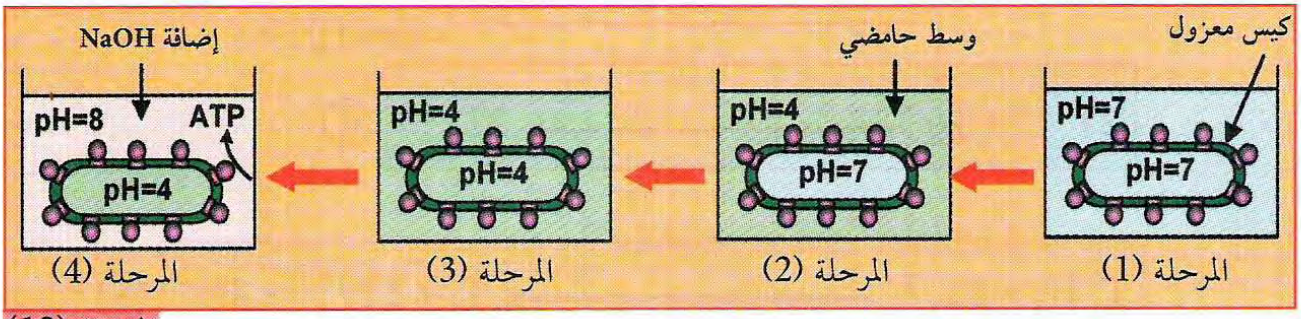
اعتمادا على مخططات الوثيقة (10) وباستغلال معادلات الوثيقة (11):

1. علل فقد الإلكترونات من النظام الضوئي في المعادلة (1) ؟
2. قارن بين T1 وT2 من حيث كمون الأكسدة / إرجاع ؟ علل ؟
3. استخرج الفرق الأساسي بين T1 وT2 في آلية النقل ؟
4. تمثل المعادلة (5) محصلة للمعادلتين (3 و4). مثل بقية السلسلة التركيبية الضوئية من T3 إلى المستقبل الأخير في السلسلة ($NADP^{+}$) وذلك بالاستعانة بالمخططات الموضحة في الوثيقة (10). مع العلم أن النواقل المتبقية تقوم بنقل إلكترونات فقط دون البروتونات.

ج) مصير البروتونات المتراكمة داخل التجويف:

- أثناء انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية تتحرر منها طاقة (يمكن ملاحظتها من خلال ارتفاع كمون الأكسدة / إرجاع) تستعمل في نقل البروتونات H^+ من الحشوة إلى داخل تجويف الكييس بواسطة الناقل T2 الذي يقوم بدور المضخة لإدخال البروتونات من الحشوة إلى التجويف مما يؤدي إلى تكون فرق في تركيز البروتونات (نقل فعال).
- فما هو مصير هذه البروتونات التي يتم إدخالها الى تجويف الكييس إلى جانب البروتونات الناتجة عن تحلل الماء ؟
- لتوضيح ذلك نستعرض التجربة التي أجراها الباحث ياغندورف André Jagendorf وذلك اعتمادا على النظرية الكيمواسموزية للعالم ميتشل Peter Mitchell

تم في هذه التجربة وضع كييسات معزولة في الظلام وفي وسط ذو pH محدد ويحتوي على ADP وPi، التركيب التجريبي ومراحل التجربة موضحة في الوثيقة (12).

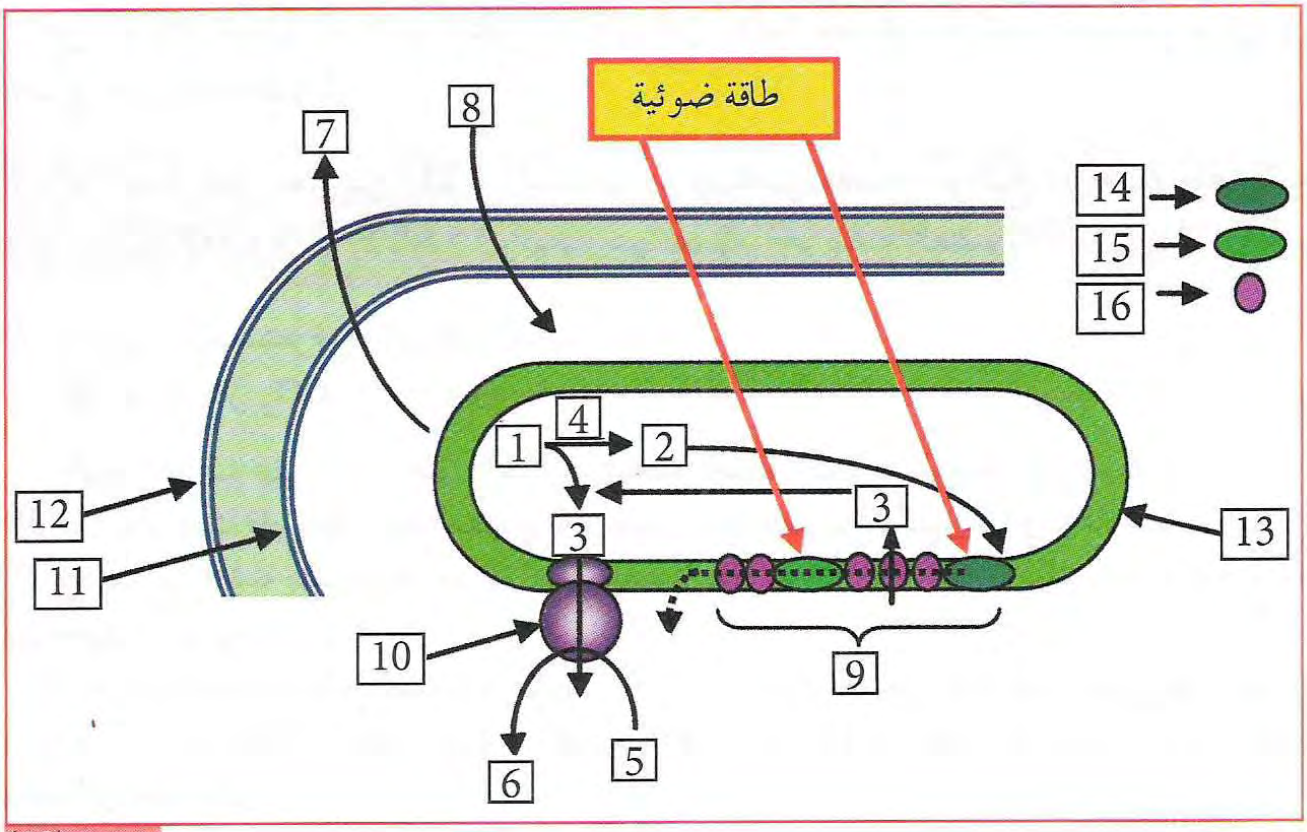


الوثيقة (12)

استغلال الوثائق:

1. ماذا يمكن قوله عن pH الوسط وتجويف التيلاكويد في المرحلتين (1 و2) ؟ قدم إذن تعريفا لمفهوم الـ pH.
2. قدم تفسيرا شارديا لاختلاف pH الوسط عن pH تجويف الكييس في المرحلة (2).
3. علل تغير pH تجويف الكييس في المرحلة (3).
4. علل إضافة NaOH للوسط في المرحلة 4.
5. إذا علمت أن نقل H^+ غبر غشاء التيلاكويد من الداخل نحو الخارج يتم بواسطة الناقل T2، وأن خروجها يتم عبر الكرات المذنبة، التي تقوم بدور إنزيم لتركيب ATP (ATP Synthase):
   - استخرج آلية تركيب الـ ATP انطلاقا من ADP و Pi في المرحلة 4 من التجربة محددا مصدر الطاقة التي أدت إلى تشكل الـ ATP.
   - لخص تفاعل تركيب الـ ATP في معادلة إجمالية.
6. استنتج مما سبق شروط تركيب ATP.

* تمثل الوثيقة (13) رسما تخطيطيا يوضح مختلف التفاعلات في المرحلة الكيموضوئية.



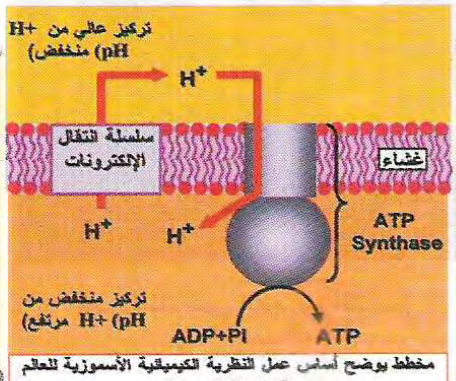
الوثيقة (13)

1. انطلاقا من المعلومات المتوصل إليها من خلال النشاطات السابقة:
   - اكتب بيانات الوثيقة (13).
   - استخلص نواتج المرحلة الكيموضوئية.
   - حدد دور العنصرين (14 و15) في هذه المرحلة.
2. بالاستعانة بأشكال الوثيقة (2) من النشاط الثاني وبالمعلومات المتوصل إليها من خلال التجارب والوثائق المقدمة سابقا، أنجز رسما تخطيطيا وظيفيا متقنا تبين فيه آلية حدوث المرحلة الكيموضوئية من عملية التركيب الضوئي.

معلومات مفيدة

1920-1992

العالم **Peter Mitchell**: عالم انجليزي ولد في 1920 في مدينة ساري في انجلترا ودرس في مدينة كامبريدج وتحصل على الدكتوراه في الكيمياء الحيوية من جامعة كامبريدج سنة 1951. قام بأعمال بحثه التي أثمرت باقتراح الفرضية الكيميوأسموزية في بداية الستينيات والتي أصبحت نظرية بعد أن تم إثباتها علميا وتحصل على جائزة نوبل عام 1978. توفي العالم ميتشل سنة 1992.



مخطط يوضح أساس عمل النظرية الكيميائية الأسموزية للعالم Peter Mitchell

النشاط 4

تفاعلات المرحلة الكيموحيوية

من شروط عملية التركيب الضوئي توفر غاز CO_2 كما أن التركيب الضوئي يؤدي إلى تصنيع جزيئات عضوية.

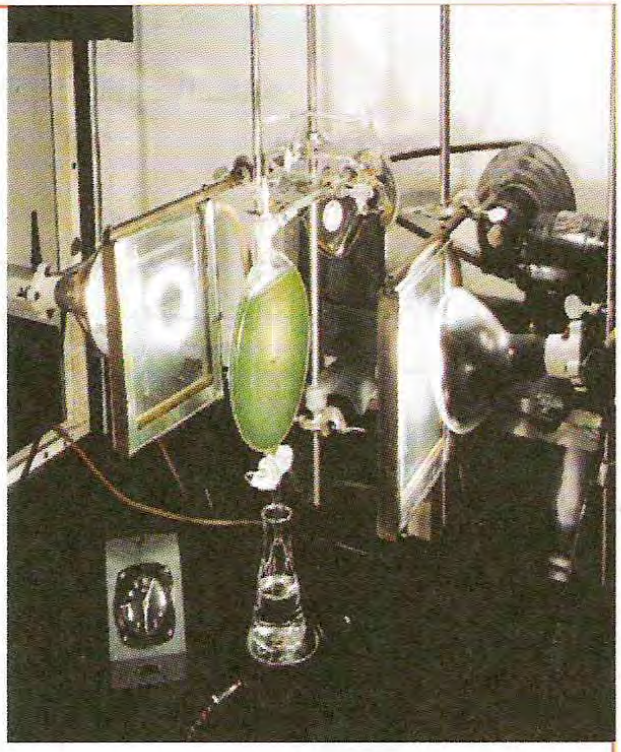
➢ فما هو مصير CO_2 الممتص ؟ وماهو مصير نواتج المرحلة الضوئية ($ATP + NADPH.H^+$) ؟ وكيف يتم تصنيع الجزيئات العضوية ؟

للإجابة عن ذلك نستعرض النشاطات التالية:

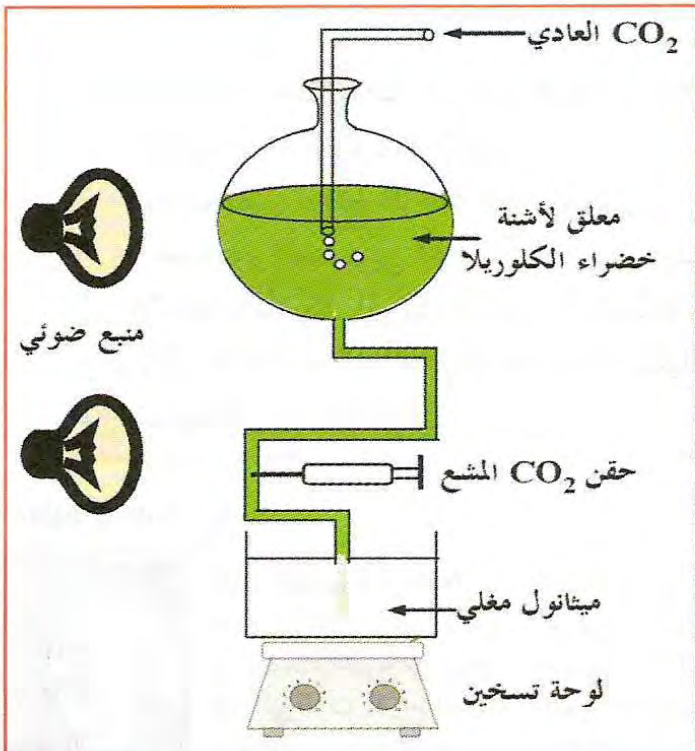
❶ تثبيت غاز CO_2

قصد التعرف على مصير غاز CO_2 المستهلك، أنجزت التجربة الموضحة في التركيب التجريبي (الوثيقة 1)، حيث قام كالفن ومساعدوه بوضع معلق أشنة خضراء (الكلوريلا) في وعاء شفاف معرض للضوء يسمح للأشنة بالقيام بعملية التركيب الضوئي ومزود بـ CO_2 عادي وذلك تحت شروط ثابتة من الحرارة والضوء.

باستعمال مضخة يتم ضخ كميات من المعلق عبر أنبوب نحو وعاء ثاني به ميثانول مغلي. يحقن المعلق بـ $^{14}CO_2$ المشع، يمكن التحكم في مدة تعريض الأشنة لغاز $^{14}CO_2$ المشع في فترات تمتد من ثانية واحدة إلى عدة دقائق.



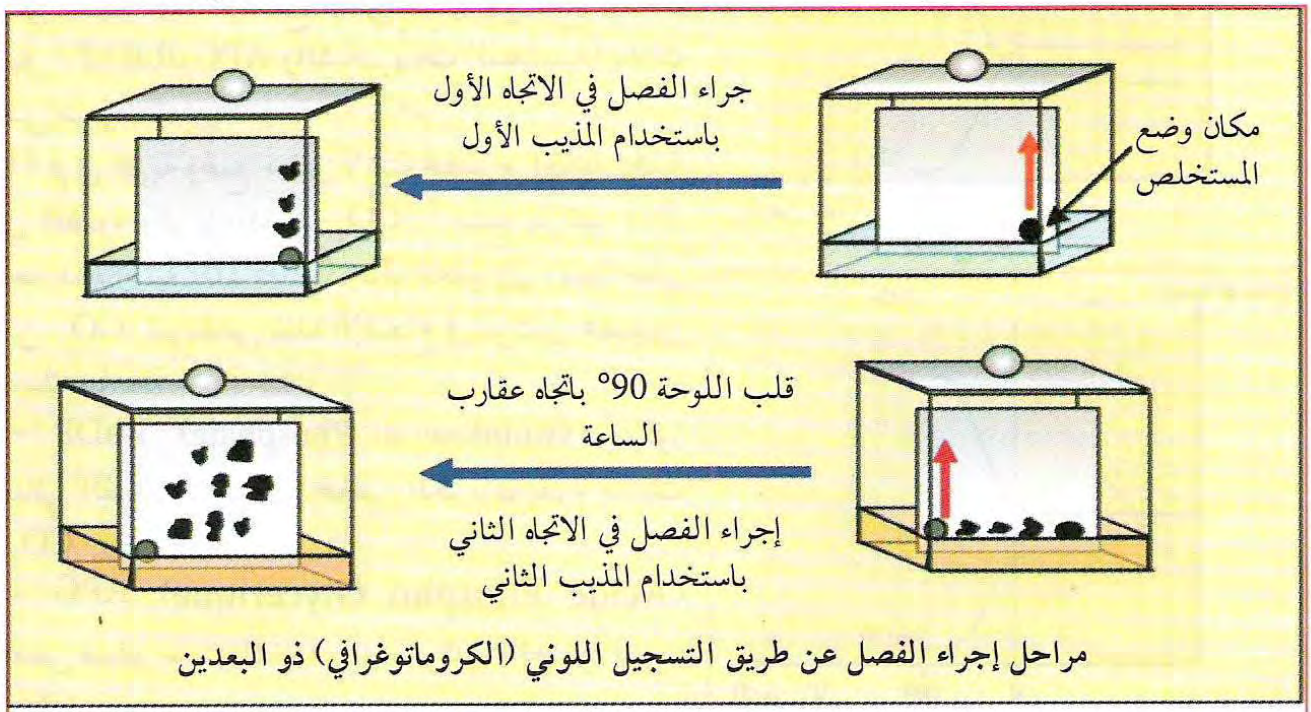
صورة للتركيب التجريبي المستعمل في التجربة



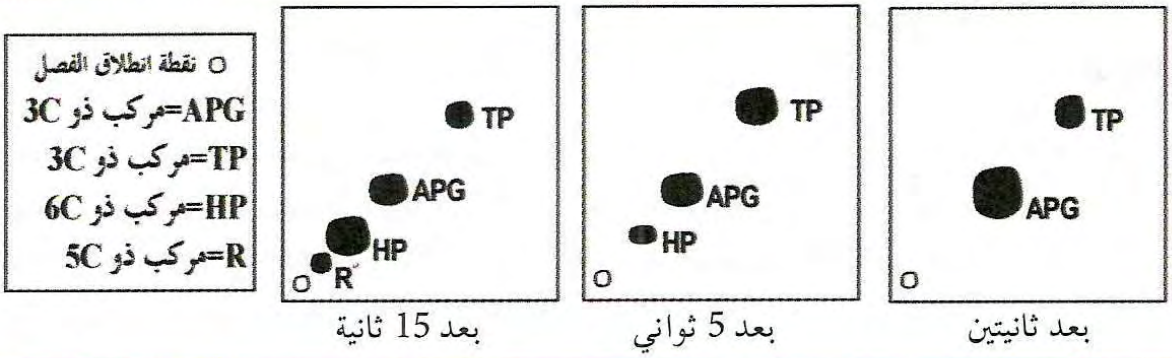
رسم تخطيطي مبسط للتركيب التجريبي المستعمل في التجربة

الوثيقة (1)

باستعمال تقنية خاصة تجمع بين التسجيل ذو البعدين والتصوير الإشعاعي الذاتي يتم التعرف على محتوى مستخلص الأشنة الذي يوضح تثبيت $^{14}CO_2$ المشع ودمجه في مركبات عضوية وسطية مختلفة. ممثلة في تقنية التسجيل اللوني (الكروماتوغرافي) ذو البعدين الذي نتائجه موضحة في الوثيقة (2).



مراحل إجراء الفصل عن طريق التسجيل اللوني (الكروماتوغرافي) ذو البعدين



الوثيقة (2)

1. علل الهدف من استعمال CO_2 المشع.
2. علل الهدف من استقبال مستخلص الأشنة في ميثانول مغلي.
3. حدد فائدة استعمال التسجيل الكرومتوغرافي ذو البعدين.
4. باستغلال نتائج التسجيل حدد أول مركب يظهر فيه الإشعاع بعد ادماج CO_2.
5. على ماذا يدل ظهور الإشعاع في مركبات أخرى إذا طالت التجربة ؟
6. باعتبار أن تفاعلات المرحلة الكيموضوئية تتم على مستوى التيلاكويد وهي تحتاج إلى ضوء بينما دمج CO_2 لا يحتاج إلى ضوء حدد إذن على أي مستوى في الصانعة الخضراء يتم دمج CO_2 (مقر هذه التفاعلات).
7. استخلص مما سبق شروط دمج غاز CO_2.

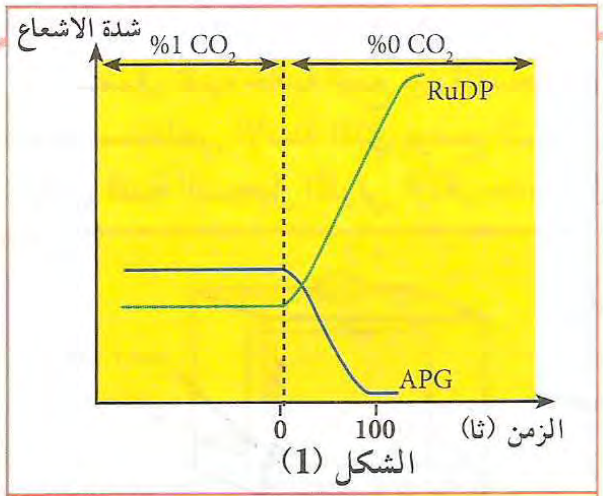
❷ آلية دمج (إرجاع) غاز CO_2

قصد التعرف على تسلسل تفاعلات دمج CO_2 على مستوى الحشوة، تم إجراء تحليل مقارن للمركبات التي يظهر فيها الإشعاع والتي تعبر عن دمج CO_2، مثل (RuDiP، APG والسكريات السداسية) وذلك في شروط تجريبية معينة.

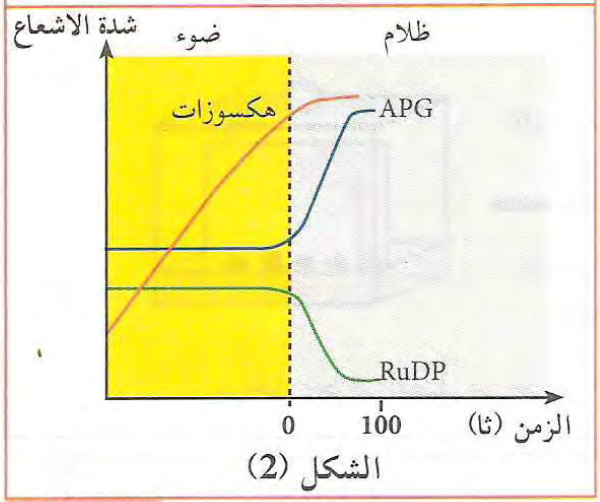
1) تم في تجربة وضع معلق لأشنة خضراء أحادية الخلية في الضوء وتم تزويده بـ $^{14}CO_2$ مشع بتركيز 1%. بعد فترة زمنية (10 دقائق) يحوّل المعلق إلى وسط خالي من CO_2. ثم تقاس شدة الإشعاع في مركبين عضويين هما:

- RuDP (Rubilose di Phosphate) ريبيلوز ثنائي الفسفات: مركب خماسي الكربون يقوم بتثبيت CO_2.
- APG (Acide Phospho Glycerique) حمض فسفو غلسريك: وهو أول مركب ناتج من تثبيت CO_2.

نتائج التجربة موضحة في منحنيي الشكل (1) من الوثيقة (3).



الشكل (1)



الشكل (2)

الوثيقة (3)

2) في تجربة ثانية تم تزويد معلق لأشنة خضراء أحادية الخلية بـ $^{14}CO_2$ مشع (مع الحفاظ على تركيزه في الوسط ثابتا خلال مدة التجربة)، يعرّض المعلق للضوء لمدة 30 دقيقة ثم يوضع في الظلام. تقاس بعد ذلك شدة الإشعاع في كل RuDP وAPG وفي السكريات السداسية (الهكسوزات).

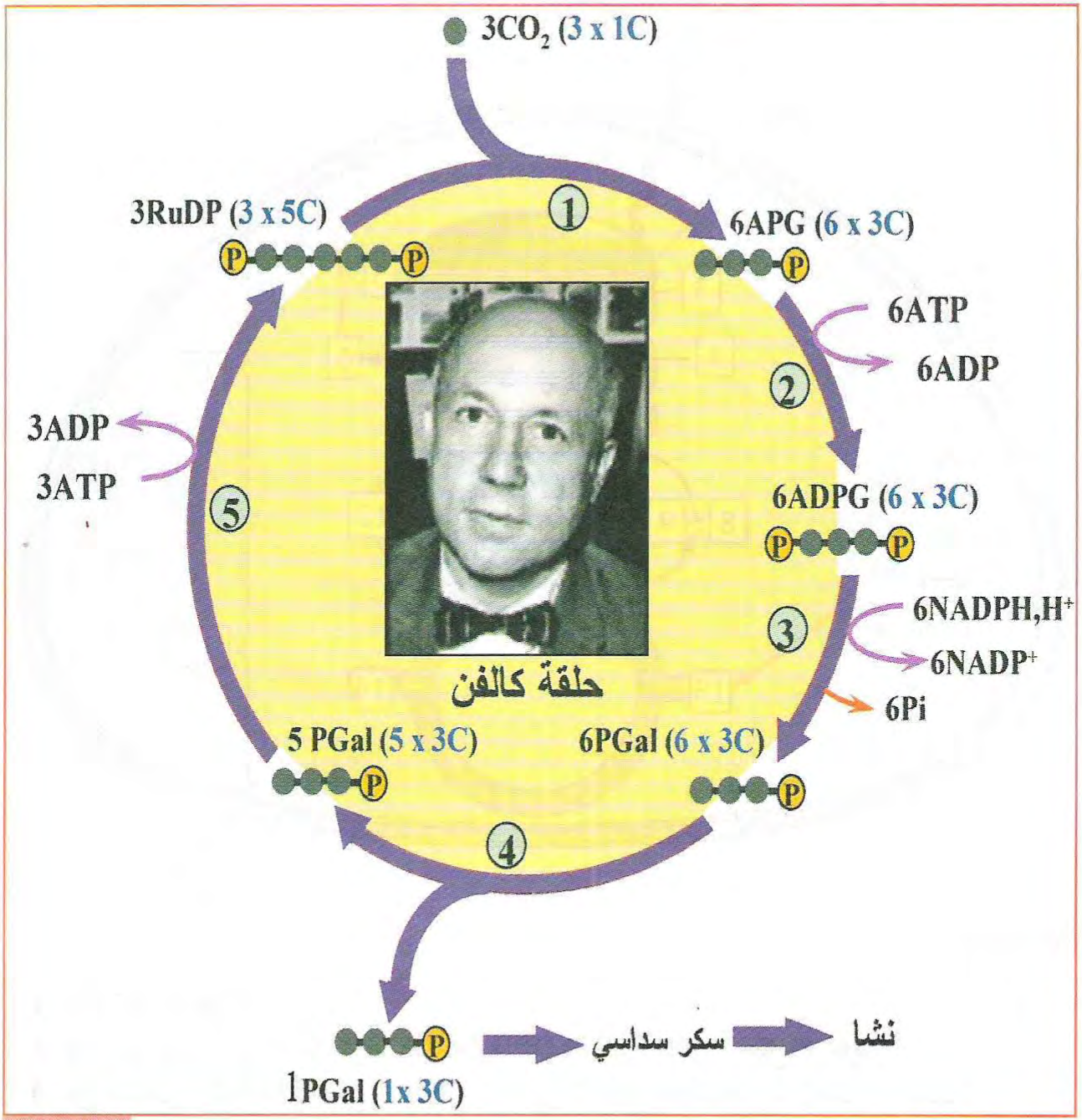
نتائج التجربة موضحة في منحنيات الشكل (2) من الوثيقة (3).

1. حلل المنحنى 1 من الوثيقة (3).
2. كيف تفسر ثبات كل من APG، RuDiP في وجود CO_2 والضوء في الشكل (1).
3. فسر تزايد شدة الإشعاع في RuDiP وانخفاضه في APG في الشكل (1) في غياب CO_2.
4. علل تناقص كمية الـ RuDiP وتزايد كمية الـ APG في الشكل (2).
5. ماذا تستخلص حول العلاقة بين الـ APG والـ RuDiP.

* استنتج إذن شرط تجديد الـ RuDiP.

❸ مراحل حلقة كالفن

توصلت أعمال العالم كالفن ومساعدوه إلى تحديد تفاعلات تثبيت CO_2 والمركبات الوسطية الناتجة في شكل حلقة تعرف بحلقة كالفن نسبة إلى العالم الذي اكتشفها.

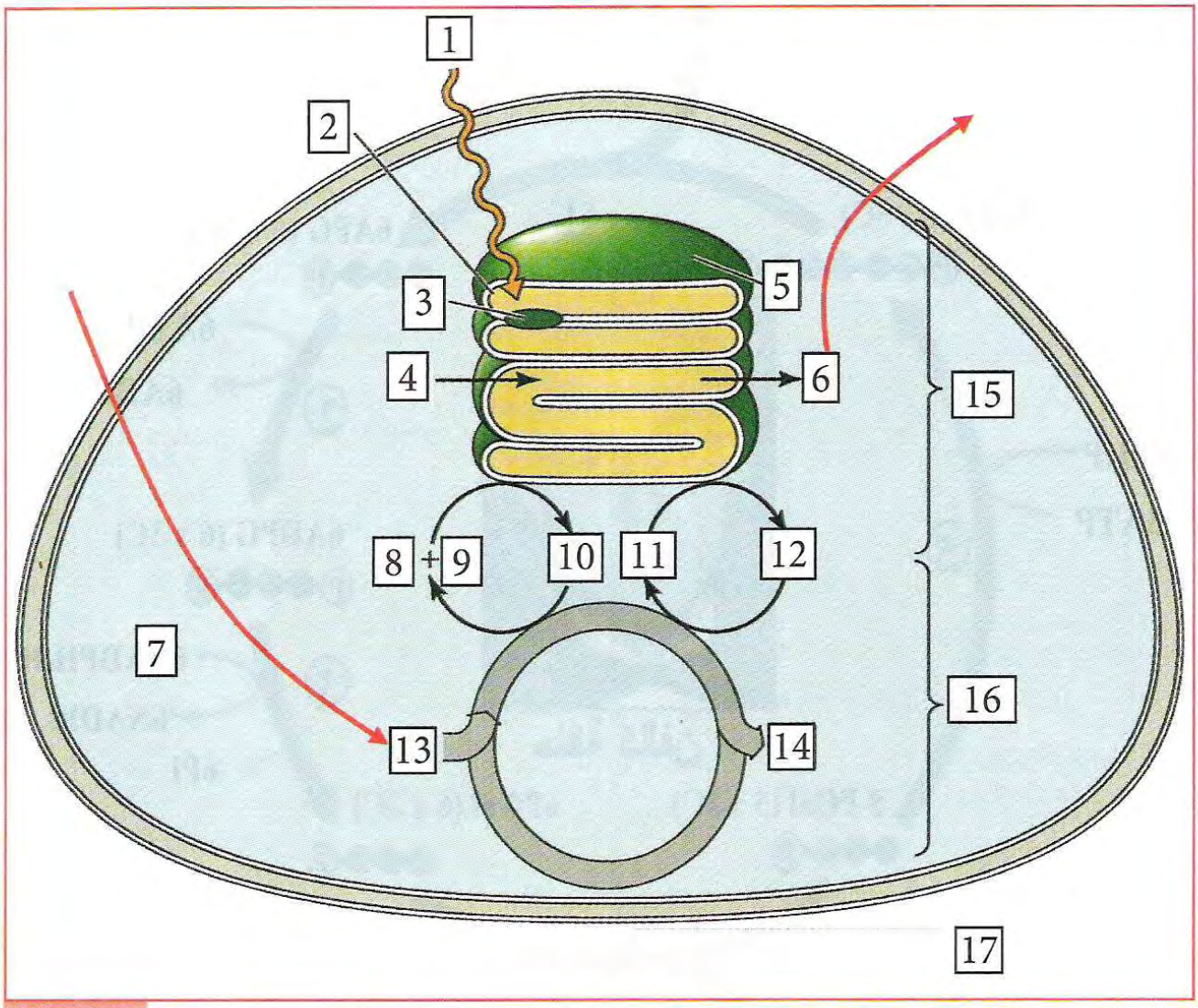


الوثيقة (4)

1. حدد نوع التفاعلات التي حدثت في (2، 3، و5).
2. أعد رسم الحلقة وذلك باستعمال 6 جزيئات من CO_2 ؟
3. حدد بعد ذلك عدد جزيئات ATP اللازمة لتركيب سكر سداسي واحد وتجديد 6 جزيئات من RuDP ؟

❹ التكامل بين المرحلة الكيموضوئية والكيموحيوية

تمثل الوثيقة (5) رسم تخطيطي يوضح التكامل بين المرحلتين الكيموضوئية والكيموحيوية لعملية التركيب الضوئي.



الوثيقة (5)

1. ماذا تمثل الأرقام ؟
2. هل يتم تثبيت CO_2 عند توفير ATP وNADPH في الظلام ؟ علل الإجابة ؟
3. هل لـنقص CO_2 تأثير على (انطلاق O_2) في المرحلة الكيموضوئية ؟ علل إجابتك ؟
4. لماذا انطلق O_2 لفترة قصيرة ثم توقف في التجربة الموضحة في الوثيقة (4) من النشاط الثالث ؟

الحصيلة المعرفية

النشاط ❶: تذكير بالمكتسبات (شروط عملية التركيب الضوئي ومظاهره)

التركيب الضوئي هو آلية تسمح بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية تخزن في شكل جزيئات عضوية مثل النشا وفق المعادلة:

$$n(H_2O) + n(CO_2) \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} \underset{\text{نشا}}{(CH_2O)_n} + n(O_2)$$

تتطلب عملية التركيب الضوئي توفر الضوء واليخضور وتؤدي إلى تكون النشا داخل الصانعات الخضراء. يمكن الكشف عن وجود النشا في الأوراق عن طريق استعمال كواشف مناسبة (ماء اليود) كما يمكن فحص الصانعات الخضراء بالمجهر الإلكتروني للكشف عن وجود بقع تظهر عادة سوداء كبيرة هي حبيبات النشا. كما يمكن الاستدلال عن حدوث عملية التركيب الضوئي من خلال قياس الزيادة في تركيز الأكسجين أو الانخفاض في تركيز CO_2.

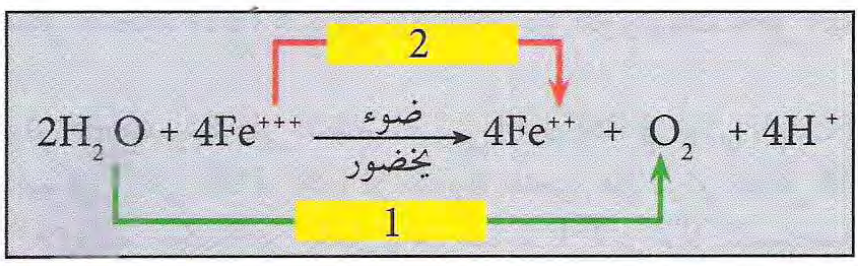
النشاط ❷: مقر عملية التركيب الضوئي - ما فوق البنية للصانعة الخضراء -

تتم عملية التركيب الضوئي في الصانعات الخضراء وهي عضيات ذات بنية حجيرية (مقسمة إلى حجرات) مغلفة بغلاف مكون من غشائين (خارجي وداخلي). تحتوي الصانعات الخضراء على شبكة من التراكيب الغشائية تعرف بالتيلاكويد يميز منها: الكييسات والصفائح الحشوية. تصطف الكييسات فوق بعضها مكونة تراكيب تعرف بالغرانا (البذيرات). تتكون التيلاكويدات من غشاء التيلاكويد الذي يحيط بتجويف يسمى التجويف الداخلي. تحتوي الصانعة على حيز يقع بين التيلاكويدات والغلاف يعرف بالحشوة.

تختلف الحشوة عن التيلاكويد في مكوناتها الكيميائية. حيث تحتوي أغشية التيلاكويد على:

- الأنظمة الضوئية: وهي معقدات بروتينية كبيرة تحتوي على عدد من السلاسل الببتيدية وعدد كبير من الأصبغة (اليخضورية وأشباه الجزرين). تضم النباتات العليا نوعين من الأنظمة الضوئية PSI وPSII (PS=Photosystème)
- نواقل الإلكترونات: معظمها بروتينات تقوم بنقل الإلكترونات.
- إنزيم ATP سنتاز: وهو معقد بروتيني كبير يقوم بتركيب ATP.
- بينما تحتوي الحشوة على مواد الأيض الوسطية لتركيب الجزيئات العضوية بالإضافة إلى المرافقات الإنزيمية $NADP^+$ وPi، ATP، ADP وكذا إنزيمات كثيرة أهمها تلك التي تعمل على تركيب الجزيئات العضوية وهي تختلف عن تلك الموجودة في التيلاكويد.

تفاعلات التركيب الضوئي هي تفاعلات أكسدة وإرجاع يمكن تلخيصها في المعادلة الإجمالية التالية:



تحدث عملية الأكسدة في التيلاكويد وتحتاج إلى توفر اليخضور والضوء وتؤدي إلى انطلاق O_2. بينما تتم عملية الإرجاع في الحشوة وهي لا تتطلب الضوء وتؤدي إلى استهلاك CO_2. يشير هذا الاختلاف في التركيب الكيميائي إلى وجود اختلاف في دور كل منهما.

تحدث عملية التركيب الضوئي في مرحلتين:

- مرحلة كيموضوئية وتتم في التيلاكويد.
- ومرحلة كيميوحيوية وتتم في الحشوة.

النشاط ❸: تفاعلات المرحلة الكيموضوئية

تنطلق المرحلة الكيموضوئية عند سقوط فوتونات ضوئية على أصبغة هوائية ضمن النظام الضوئي.

تصنف أصبغة النظام الضوئي من حيث الدور إلى:

هوائيات (أصبغة هوائية): وهي العدد الأكبر من الأصبغة (أكثر من 99%) تقوم بدور استقبال الفوتونات الضوئية وينتمي معظمها إلى اليخضور (أ وب) وجزء صغير منها إلى أشباه الجزرين.

مركز التفاعل: وهو زوج خاص من أصبغة يخضور أ دورها تلقي الطاقة من الهوائيات وتحرير إلكترون غنية بالطاقة (تفاعل أكسدة).

ماذا يحدث عند اكتساب فوتونات من طرف اليخضور في الأنظمة الضوئية (الحالة الطبيعية) ؟

عند اكتساب طاقة ضوئية من طرف أصبغة النظام الضوئي يحدث نقل للطاقة بطريقتين حسب دور الصبغة:

- في الأصبغة الهوائية: بعد تهيج صبغة هوائية ضمن النظام الضوئي تنتقل الطاقة المكتسبة إلى صبغة أخرى مجاورة ضمن النظام الضوئي بالرنين (Resonnace) ويعود الإلكترون إلى مداره الأصلي (انتقال للطاقة دون الإلكترون). تتكرر هذه العملية بين عدد من الأصبغة الهوائية.
- في أصبغة مركز التفاعل (P_{680} وP_{700}): عند تهيج أصبغة مركز التفاعل نتيجة لوصول الطاقة إليها من الأصبغة الهوائية أساسا يتم فقد الإلكترون ذو الطاقة العالية من جزيئة الصبغة (أكسدة) وتصبح الصبغة في صورة مؤكسدة (P^+_{680} وP^+_{700}).

عندما تصل الطاقة إلى مركز تفاعل النظام الضوئي الثاني PSII (زوج خاص من يخضور أ) تحدث عملية أكسدة فيتحرر من ذلك زوج من الإلكترونات الغنية بالطاقة.

تنتقل الإلكترونات الغنية بالطاقة عبر سلسلة من نواقل الإلكترونات المتواجدة في غشاء التيلاكويد. يرمز لهذه النواقل بالرموز T3، T2، T1 وتسمى هذه السلسلة من النواقل بالسلسلة التركيبية الضوئية.

تنتقل الإلكترونات من مركز التفاعل إلى T1 ثم إلى T2 ثم إلى T3 وفق تدرج متزايد في كمون الأكسدة / إرجاع مما يصاحبه فقد تدريجي لطاقة الإلكترون.

أثناء انتقال الإلكترونات عبر السلسلة يقوم أحد النواقل (T2) بضخ البروتونات التي تأتي من الحشوة عن طريق الناقل المتحرك (T1) مما يؤدي إلى زيادة تركيز البروتونات داخل التجويف ويصبح بذلك حامضيا.

يؤدي سقوط الفوتونات الضوئية على النظام الضوئي الأول PSI في نفس الوقت إلى نفس المراحل التي حدثت في النظام الضوئي الثاني PSII. لكن الإلكترون المتحرر من مركز تفاعل PSI ينتقل عبر سلسلة أخرى من نواقل الإلكترونات مكونة من ناقلين يرمز لهما بـ T'1 و T'2 لتمييزهما عن نواقل السلسلة

التابعة لـ PSII.

إن انتقال الإلكترونات عبر السلسلة التركيبية الضوئية لـ PSI لا تؤدي إلى فقد طاقة كبيرة من الإلكترونات التي يتم استقبالها في النهاية من طرف مستقبل الإلكترونات $NADP^+$ الذي يتحول إلى $NADPH,H^+$ وفق المعادلة:

$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADPH+H^+$$

لا يمكن لجزيئة اليخضور في مركز التفاعل أن تستعيد قدرتها على تحرير الإلكترونات من جديد إلا إذا استعادت الإلكترونات التي فقدتها. لذلك تستعيد أصبغة اليخضور في مركز التفاعل لـ PSII الإلكترونات المفقودة من تحلل جزيئة الماء بواسطة إنزيم هو جزء من النظام الضوئي الثاني وفق المعادلة:

$$H_2O \longrightarrow 1/2\ O_2 + 2H^+ + 2e-$$

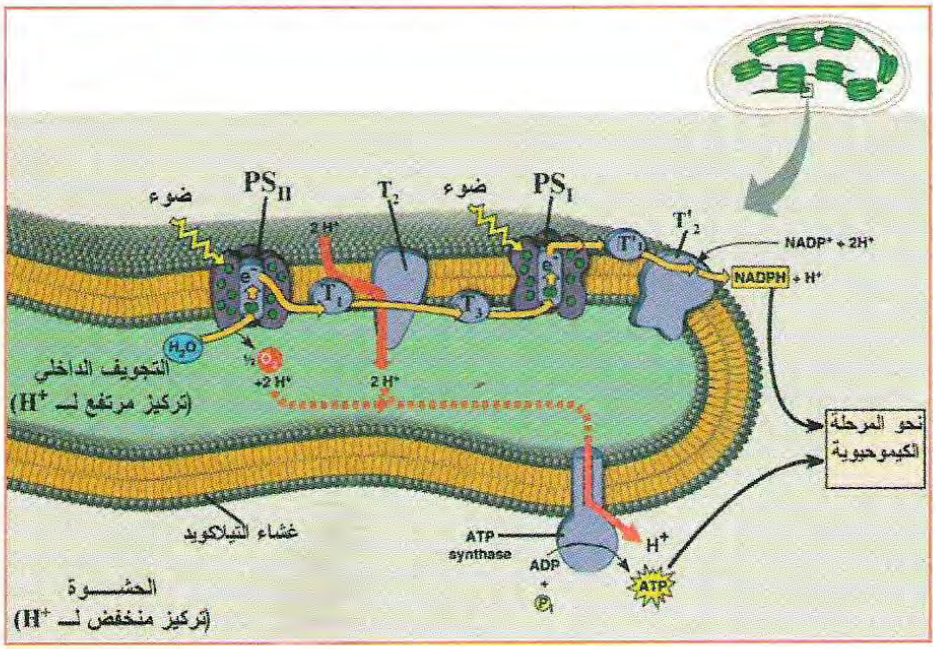
أما الإلكترونات المفقود من مركز تفاعل PSI فيتم تعويضها من الإلكترونات القادمة من الناقل الأخير (T_3) في السلسلة التركيبية الضوئية التابعة لـ PSII وهو ناقل متحرك على السطح الداخلي لغشاء التيلاكويد.

إن تراكم البروتونات التي تم إدخالها بواسطة أحد نواقل الإلكترونات (T_2) وتلك التي نتجت من تحلل الماء يؤدي إلى تكون فرق في تركيز البروتونات عبر غشاء التيلاكويد والذي يكون عاليا في جهة التجويف ومنخفضا في جهة الحشوة. لا يمكن للبروتونات النفوذ مرة أخرى إلى الحشوة إلا عن طريق إنزيم ATP سنتاز الذي يوفر معبرا لخروج البروتونات. يؤدي خروج البروتونات من أعلى تركيز (التجويف) إلى أقل تركيز (الحشوة) إلى تنشيط الإنزيم الذي يقوم بفسفرة ADP إلى ATP باستعمال فسفات لاعضوي Pi وتسمى هذه العملية بالفسفرة الضوئية photophosphorylation.

تؤدي المرحلة الكيموضوئية إلى إنتاج ناتجين هامين هما:

ATP وهي جزيئات ذات طاقة عالية نتيجة لعمل النظام الضوئي PSII.

$NADPH,H^+$ وهي مرافقات إنزيمية تحمل إلكترونين ذات طاقة عالية نتيجة لعمل النظام الضوئي PSI.



تتطلب المرحلة الكيموضوئية توفر الضوء والتيلاكويد (أنظمة ضوئية + نواقل إلكترونات + إنزيم ATP سنتاز) لكنها تتطلب كذلك توفر المستقبل $NADP^+$ وتوفر ADP وPi لغرض توفير النواتج.

يمكن تلخيص آلية المرحلة الكيموضوئية من عملية التركيب الضوئي في المخطط المقابل.

النشاط ❹: تفاعلات المرحلة الكيموحيوية

تحدث المرحلة الكيموحيوية لعملية التركيب الضوئي في الحشوة وتسمح بتثبيت CO_2 لغرض إنتاج الجزيئات العضوية (السكريات).

تم إثبات تسلسل تفاعلات المرحلة الكيموحيوية باستعمال CO_2 المشع وطرق فصل كيميائية أهمها التسجيل اللوني ذو البعدين ، حيث تبين من ذلك أن CO_2 يتم تثبيته على مركب خماسي الكربون هو ريبيولوز ثنائي الفسفات RuDP (مركب 5C) لينتج من ذلك جزيئتين من مركب ثلاثي الكربون هو حمض فسفو غلسريك APG (مركب 3C).

يتم تحويل 2APG إلى جزيئتين من مركب آخر ثلاثي الكربون لكنه ثنائي الفسفات هو حمض ثنائي فسفوغلسريك 2ADPG باستعمال ATP الناتجة من المرحلة الكيموضوئية. يتم بعد ذلك تحويل 2ADPG إلى جزيئتين من مركب ثلاثي الكربون من نوع آخر هو فسفو غلسرألدهيد 2PGal باستعمال $NADPH,H^+$ الناتجة من المرحلة الكيموضوئية.

عند تثبيت 6 جزيئات من CO_2 باستعمال 6 جزيئات من RuDP يتم إنتاج 12 جزيئة (PGal) يتم استعمال جزيئتين منها (2PGal) في إنتاج سكر سداسي (غلوكوز) الذي يستعمل في تركيب النشا. بينما يتم إعادة استعمال ذرات الكربون المتبقية (10PGal) لتجديد المستقبل 6RuDP عبر تفاعلات يتم فيها استهلاك المزيد من جزيئات ATP.

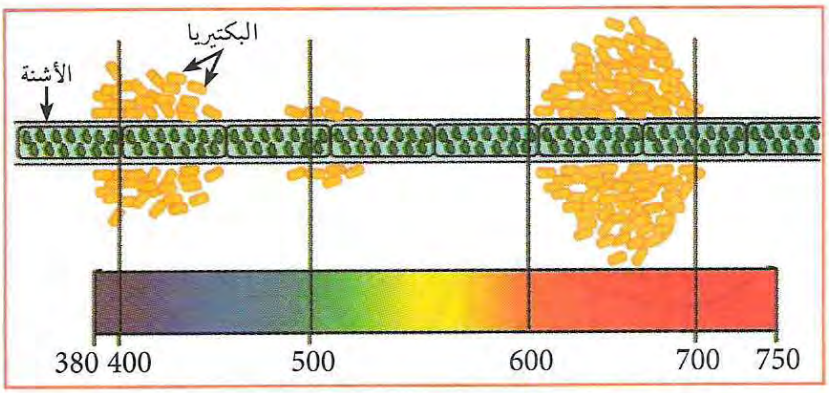
تتم تفاعلات المرحلة الكيموحيوية في شكل سلسلة حلقية تعرف بحلقة كالفن نسبة إلى العالم كالفن الذي اكتشفها.

يمكن تقسيم الحلقة إلى مرحلتين: مرحلة أولى يتم فيها إنتاج السكر الثلاثي PGal لغرض إنتاج السكر بينما يتم في المرحلة الثانية استعمال PGal لتجديد مستقبل CO_2.

تتكامل مرحلتي التركيب الضوئي بصورة منظمة حيث توفر المرحلة الكيموضوئية ATP و$NADPH,H^+$ الضروريتان لحدوث المرحلة الكيموحيوية، بينما تقوم المرحلة الكيموحيوية بتوفير المواد الأولية (ADP وPi و$NADP^+$) لتركيب الـ ATP وNADPH باستقبال الإلكترونات الكيموضوئية. لذلك تحدث المرحلتان معا لكي يتم إنتاج الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية (النشا) وهو الهدف النهائي من عملية التركيب الضوئي.

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1



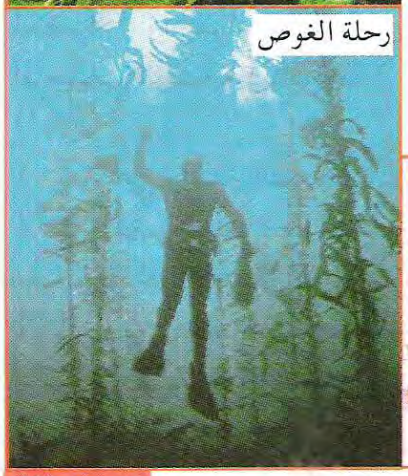
في سنة 1885 قام العالم Engelmann بوضع أشنة خضراء خيطية في قطرة من الماء بين الشريحة والساترة ووضعها تحت المجهر. تم تعريضها لضوء مشتت إلى ألوان الطيف المختلفة عن طريق موشور. تم بعد ذلك إضافة بكتريا تتميز بحبها للأكسجين حيث تتحرك في الوسط السائل نحو الجهة الغنية بالأكسجين. نتائج التجربة موضحة في الوثيقة.

1. ما هو الهدف من إضافة البكتيريا ؟

2. حل نتائج التجربة ؟ ماذا تستنتج ؟

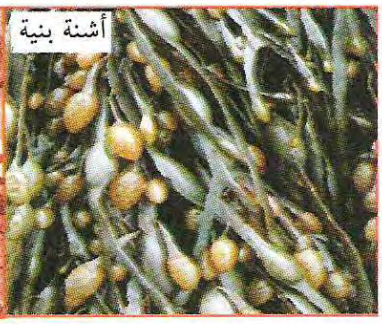
3. هل تتفق النتائج مع معارفك المكتسبة ؟

التمرين 2



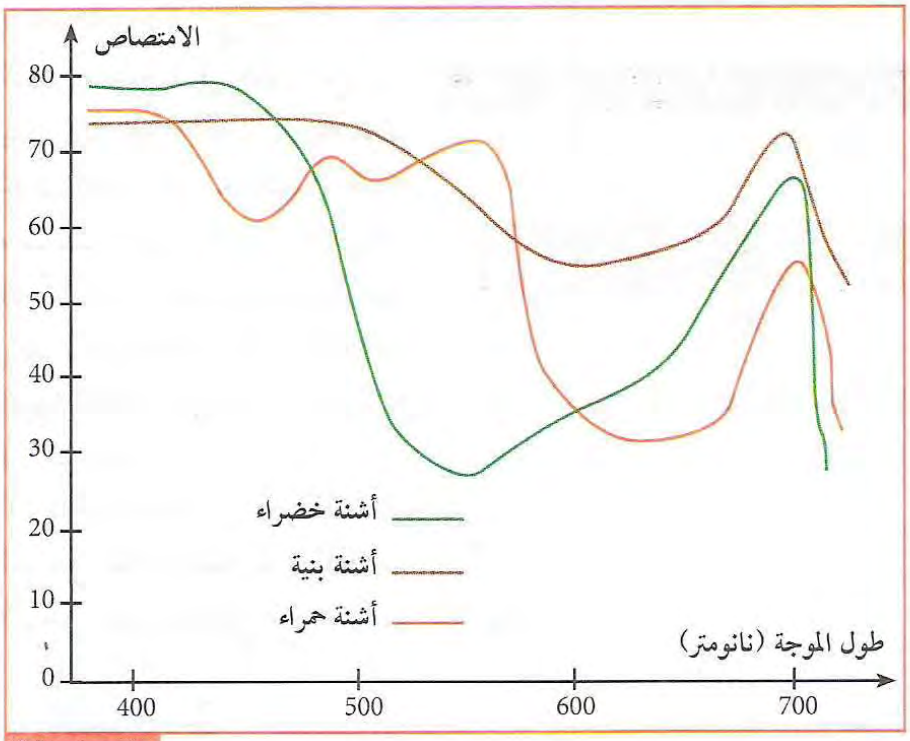
قام أحد الباحثين المهتمين بدراسة الأشنات البحرية برحلة غوص في أعماق البحر لغرض التعرف على توزع الأشنات في عمق البحر وأخذ صور لها. تضمنت الدراسة التعرف على نوع الأشنات وتحديد العمق الذي تتواجد فيه بالإضافة إلى قياس الأشعة الضوئية النافذة نحو الأعماق. كما تضمنت الدراسة كذلك أخذ العينات إلى المخبر واستخلاص الصبغات من كل نوع من أنواع الأشنات وإنجاز طيف الإمتصاص لكل منها.

توضح الوثيقة (1) بعض من الصور التي تم أخذها أثناء رحلة الغوص.



الوثيقة (1)

أول مالفت انتباه الباحث هو تواجد الأشنات الخضراء لعدة أمتار باتجاه عمق البحر تبدأ بعدها في الإختفاء، غير أن الأشنات الحمراء والبنية تتواجد في أعماق أكبر (تصل إلى حوالي 30 متر). عند هذه الأعماق تختفي الأشنات الخضراء كليا.

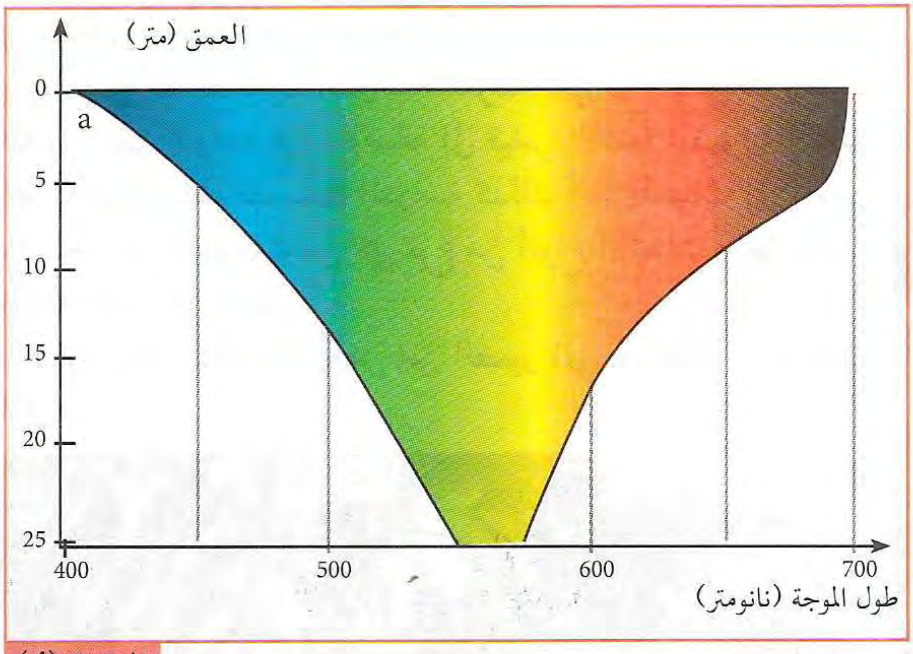


الوثيقة (2)

بعد جمع العينات والعودة إلى المخبر قام الباحث بتحليل محتوى الأصبغة في العينات التي تم جمعها. لوحظ أن الأشنات الحمراء تحتوي على صبغة تعرف بـ: Fucoxan-thin بالإضافة إلى الأصبغة اليخضورية وأشباه الجزرين الموجودة عند باقي النباتات والأشنات الخضراء. كما تحتوي الأشنات البنية على صبغة أخرى تسمى Phy-coerythrine.

أظهرت قياسات أشعة الضوء النافذة بدلالة العمق النتائج الموضحة في الوثيقة (2).

كما أظهرت نتائج قياس طيف الإمتصاص للأشنات الخضراء والحمراء والبنية المنحنيات الموضحة في الوثيقة (3).



الوثيقة (4)

1. ما هي التغيرات التي تحدث للضوء عند اختراقها ماء البحر نحو الأعماق ؟

2. قارن بين طيف امتصاص الحمراء والبنية مع الخضراء ؟

3. بالإستعانة بما توصلت إليه في هذه التجربة ومن معارفك السابقة قدم تفسيرا لتواجد الطحالب الحمراء والبنية في أعماق أكبر من الأشنات الخضراء.

التمرين 3

تتكون الببتيدات من ارتباط عدد من الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية كما تختلف الببتيدات فيما بينها في عدد ونوع الأحماض الأمينية المكونة لها والتي تحدد خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

لغرض دراسة بعض خصائص الببتيدات قمنا بفصل الببتيدات التالية بتقنية الهجرة الكهربائية على الورق (مبدا الطريقة موضحة سابقا) وذلك بوضع خليط من هذه الببتيدات في منتصف شريط الورق:

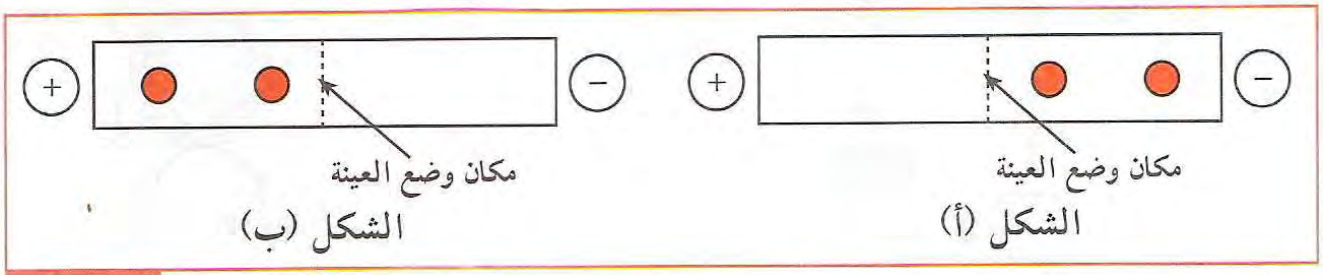
ببتيد (أ): Gly-Arg

ببتيد (ب): Gly-Glu

ببتيد (ج): Gly-Glu-Arg

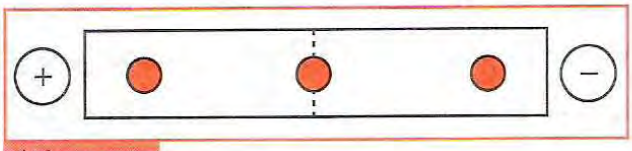
بعد انتهاء الفصل قمنا بالكشف عن البقع وذلك عن طريق التلوين بكاشف النينهيدرين (كاشف يلون الأحماض الأمينية بلون وردي).

نتائج الفصل موضحة في شكلي الوثيقة (1).



الوثيقة (1)

1. أكتب الصيغة المفصلة للببتيد (ج) ؟
2. حدد أي من الشكلين تم الحصول عليه عند pH = 1 والشكل الذي تم الحصول عليه عند pH = 13 مع التعليل؟
3. بعد الإماهة الكلية للببتيد (ج) تم إجراء الفصل للأحماض الأمينية الناتجة بنفس الطريقة السابقة فتحصلنا على النتائج الموضحة في الوثيقة (2)



الوثيقة (2)

- حدد نوع الحمض الأميني في كل بقعة مع التعليل.

إذا علمت أن نقطة التعادل الكهربائي (pHi) للحمض الأميني Gly هي 6 .

يتكون الببتيد التالي من تسلسل الأحماض الأمينية الموضحة في الوثيقة:

His-Lys-Pro-Arg-Gly-Glu

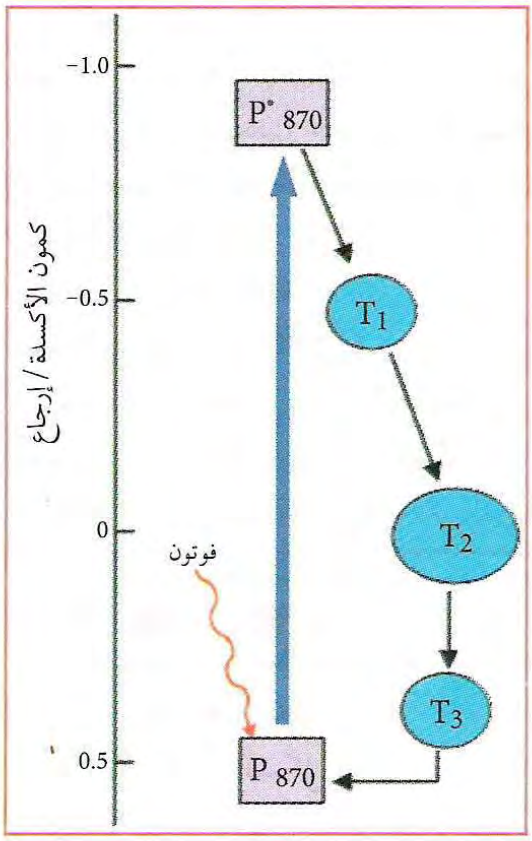
تتم معاملة هذا الببتيد بانزيم تربسين (إنزيم يحلل الرابطة الببتيدية من الجهة الكربوكسيلية عند تواجد Lys وArg).

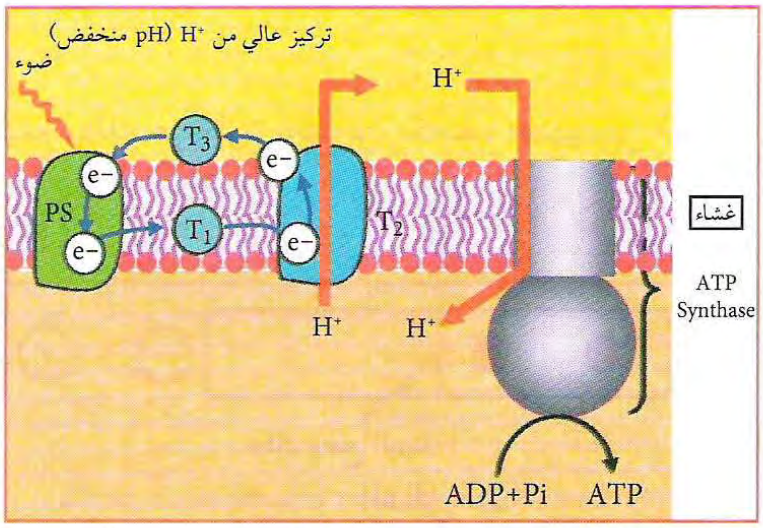
تم فصل نواتج الإماهة بواسطة الهجرة الكهربائية الموضحة سابقا.

1. أكتب نواتج الإماهة ؟
2. حدد شحنة النواتج عند pH = 1 ؟
3. ما هو أحسن pH لفصل هذه الببتيدات ؟
4. حدد اتجاه كل ببتيد ناتج عند pH المستعمل ؟

التمرين 4

من بين الكائنات الدقيقة القادرة على القيام بعملية التركيب الضوئي هي البكتريا الزرقاء المعروفة باسم: *Rho-dopseudomonas viridis* دراسة آلية التركيب الضوئي وبنية النظام الضوئي عند هذه البكتريا أعطت النتائج الموضحة في الوثائق التالية:





آلية انتقال الإلكترونات وتركيب ATP عند البكتريا الزرقاء

1. ما هي أوجه التشابه والإختلاف بين هذه الآلية وآلية انتقال الإلكترونات وتركيب ATP في النباتات الخضراء التي تم التعرف عليها سابقا ؟

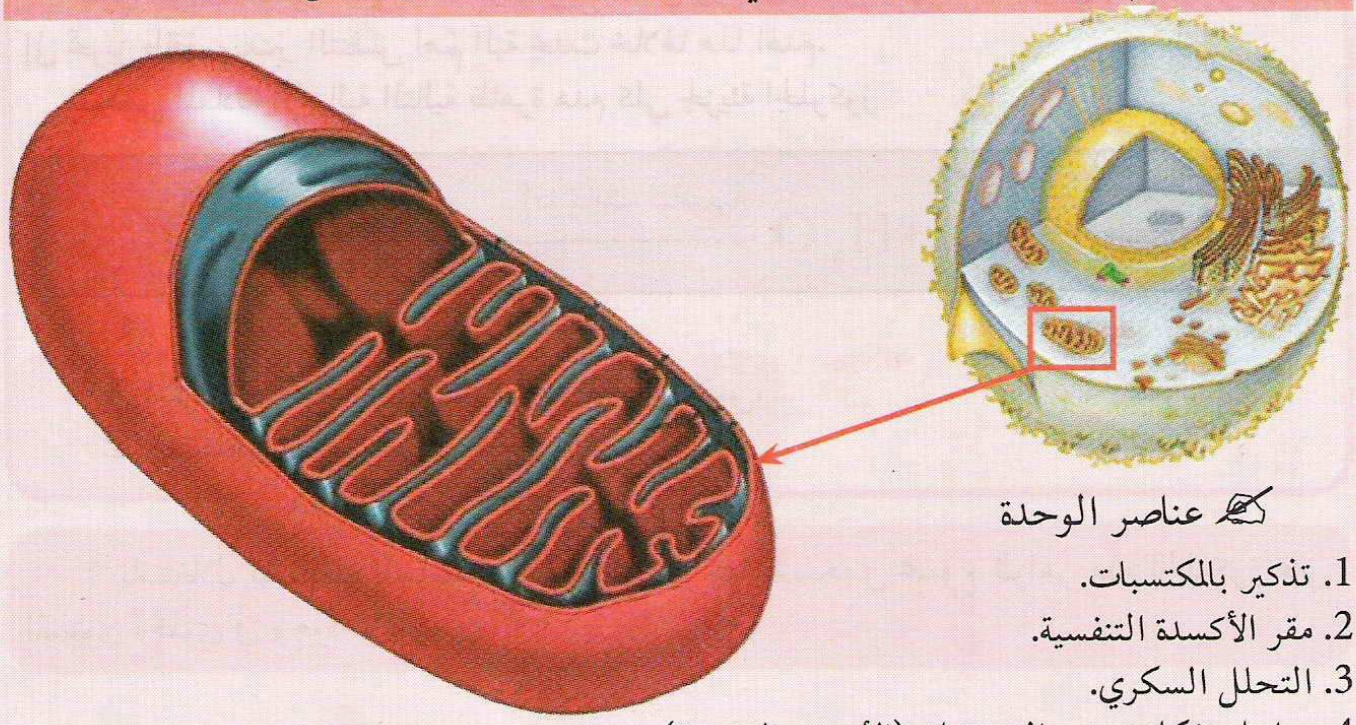
2. تعرف هذه الطريقة من انتقال الإلكترونات بالإنتقال الحلقي ويمكن أن تحدث في النباتات الخضراء وتؤدي فقط إلى إنتاج ATP دون إنتاج NADPH. يشارك فيها النظام الضوئي الأول PSI فقط بتدخل النواقل T1، T2، T3 فقط. تحدث هذه الآلية بنسبة قليلة مقارنة بالحالة العادية وهي الإنتقال غير الحلقي بمشاركة النظامين الضوئيين PSI وPSII. أنجز رسما تخطيطا توضح فيه الإنتقال الحلقي للإلكترونات في النباتات الخضراء.

الوحدة 2

آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP

تصرف الخلية الحية، سواء كانت منفردة أو مرتبطة على مستوى عضوية، طاقة للقيام بمختلف النشاطات الضرورية للحفاظ على الحياة. في حالة الخلايا ذاتية التغذية، ينتج عن عملية التركيب الضوئي مواد عضوية تحتوي على طاقة كيميائية كامنة، أمّا الخلايا غير ذاتية التغذية فإنّها تستمد مؤونتها الطاقوية من العناصر المغذية العضوية أو المواد الأيضية. تشكل هذه المواد مخزونا طاقويا حيث يؤدي هدمها الكلّي أو الجزئي إلى تحرير الطاقة الضرورية لتركيب الـ ATP.

- كيف تؤمّن هذه الخلايا تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة إلى طاقة قابلة للاستعمال على شكل ATP ؟ وما هي البنيات الخلوية المتدخلة في ذلك ؟
- ما هي الآليات الكيموحيوية التي تؤمّن تحرير الطاقة على شكل ATP ؟



عناصر الوحدة

1. تذكير بالمكتسبات.
2. مقر الأكسدة التنفسية.
3. التحلل السكري.
4. مراحل تفكك حمض البيروفيك (الأكسدة التنفسية).
5. الفسفرة التأكسدية.
6. آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في وسط لا هوائي.

I- آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الوسط الهوائي

النشاط 1

تذكير بالمكتسبات

تم التعرف سبقا على ظاهرة التركيب الضوئي، حيث يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة وفق آليات محددة تم التوصل إليها في الوحدة السابقة، بينما ظاهرة التنفس فيتم فيها استخراج الطاقة وتحويلها إلى طاقة قابلة للاستعمال.

➢ فما هي مظاهر التنفس وشروط حدوث هذه الظاهرة ؟

مظاهر عملية التنفس وشروط حدوث الظاهرة

تحتوي المواد العضوية على طاقة كيميائية كامنة في روابطها الكيميائية، حيث يؤدي هدم هذه الروابط إلى تحرير طاقة، ويعتبر التنفس أهمّ آلية يحدث خلالها هذا الهدم.

تلخص المعادلة الإجمالية التالية ظاهرة هدم كلي لجزيئة الجلوكوز

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 + H_2O \xrightarrow{\text{إنزيمات تنفسية}} CO_2 + H_2O + \text{طاقة}$$

1. استنتج من المعادلة شروط حدوث ظاهرة التنفس.
2. استخلص مظاهر حدوث ظاهرة التنفس.

* باستغلال المعطيات السابقة ومكتسباتك أنجز مخططا يلخص مجموع ظواهر هدم الجلوكوز على المستوى الخلوي في وجود الأكسجين.

النشاط 2

مقر الأكسدة التنفسية

تتواجد الميتوكندري في جميع الخلايا ما عدا البكتيريا، حيث تبدي نفس البنية ونفس الوظيفة مهما كان نوع الخلية؛ وتعتبر "المراكز الطاقوية" للخلايا.

➢ **فما هي بنيتها ؟**

❶ إظهار مقر الأكسدة التنفسية

تجربة: نقوم بتحضير مزرعتين من خميرة الخبز في إناءين مختلفين يحتوي كل منهما على محلول سكري؛ نسدّ الإناء الأول بإحكام (وسط لا هوائي) ونقوم بتهوية الإناء الثاني باستمرار (وسط هوائي)، بعد مدة من الزمن، نأخذ عينة من كل إناء ونعالجها بمحلول أخضر جانوس الذي يعتبر ملوِّنا حيويا حيث يكون أخضرا في الحالة المؤكسدة وشفافا في الحالة المرجعة.

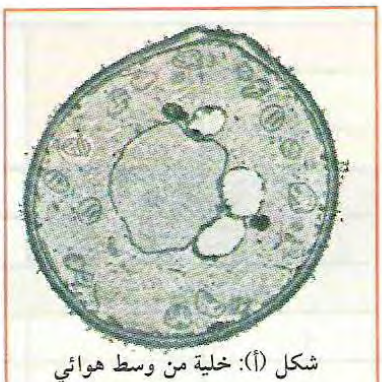
كانت النتائج المتحصل عليها كالتالي: ظهور حبيبات ملونة بالأخضر في الخلايا المأخوذة من الوسط الهوائي وعدم ظهورها في الخلايا المأخوذة من الوسط اللاهوائي.

- قدم تفسيرا للنتائج المحصل عليها ؟

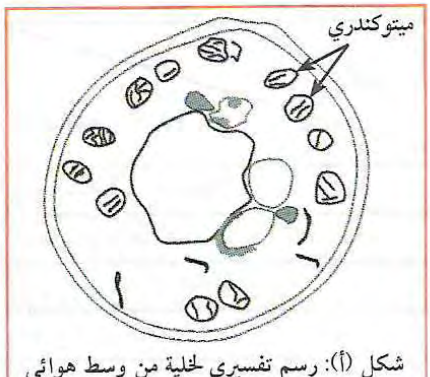
❷ المشاهدة المجهرية

سمحت المشاهدة بالمجهر الإلكتروني النافذ (م.إ.ن) لخلايا الخميرة بوضع الأشكال الموضحة في الوثيقة (1).

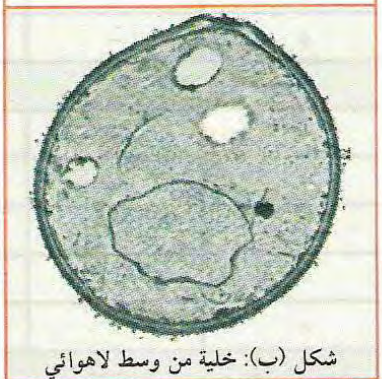
1. قارن بين خلايا الخميرة المأخوذة من الوسطين ؟
2. ما هي الفرضية التي يمكن تقديمها فيما يخص العلاقة بين وجود الميتوكندري وتهوية وسط الزرع ؟
3. استنتج إذا مقر الأكسدة التنفسية ؟



شكل (أ): خلية من وسط هوائي



شكل (أ): رسم تفسيري لخلية من وسط هوائي



شكل (ب): خلية من وسط لاهوائي

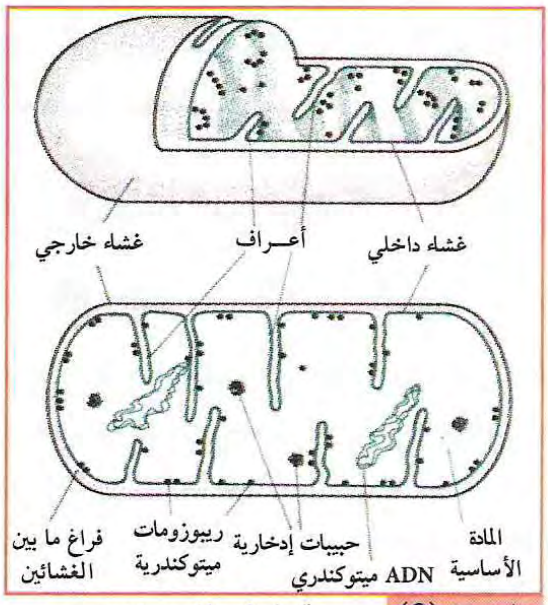
شكل (ب): رسم تفسيري لخلية من وسط لاهوائي

الوثيقة (1) خلايا الخميرة كما تبدو تحت المجهر الإلكتروني النافذ

❸ مقر الأكسدة التنفسية (بنية الميتوكندري)

إنّ الميتوكندري عبارة عن عضيات يتراوح طولها بين 0.5 إلى 2 ميكرون و قطرها بين 0.1 إلى 0.5 ميكرون، يمكن مشاهدة بنيتها بالمجهر الإلكتروني النافذ. كما هو موضح في الوثيقة (2).

الوثيقة (2) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لمقطع في ميتوكوندريا



الوثيقة (3) رسم تخطيطي للميتوكوندري

استغلال الوثائق:

1. صف، في بضعة أسطر، بنية الميتوكندري.
2. استنتج من ذلك ما يدل على أن للميتوكوندري بنية حجيرية.

❹ معطيات كيموحيوية

أعطى التحليل الكيميائي لبعض مكونات الهيولى ولأجزاء ميتوكندرية محصل عليها بتقنية الطرد المركزي النتائج المدونة في جدول الوثيقة (4)، كما توضح الوثيقة (5) توضع بعض هذه المكونات.

المقر / نوع المادة	الهيولى	الميتوكوندري		
		المادة الأساسية	الغشاء	
			الداخلي	الخارجي
البروتينات في الغشاء			% 80	% 50
الدسم في الغشاء			% 20	% 50
مواد الأيض				
حمض البيروفيك	+	+		
الغلوكوز	+	−		
أستيل مرافق الإنزيم (أ)	−	+		
البروتينات والإنزيمات				
نازعات الهيدروجين	+	+	+	−
نازعات الهيدروجين والكربوكسيل	−	+	−	−
نواقل الإلكترونات	−	−	+	−
ATP Synthase	−	−	+	−
مضخات البروتونات	−	−	+	−

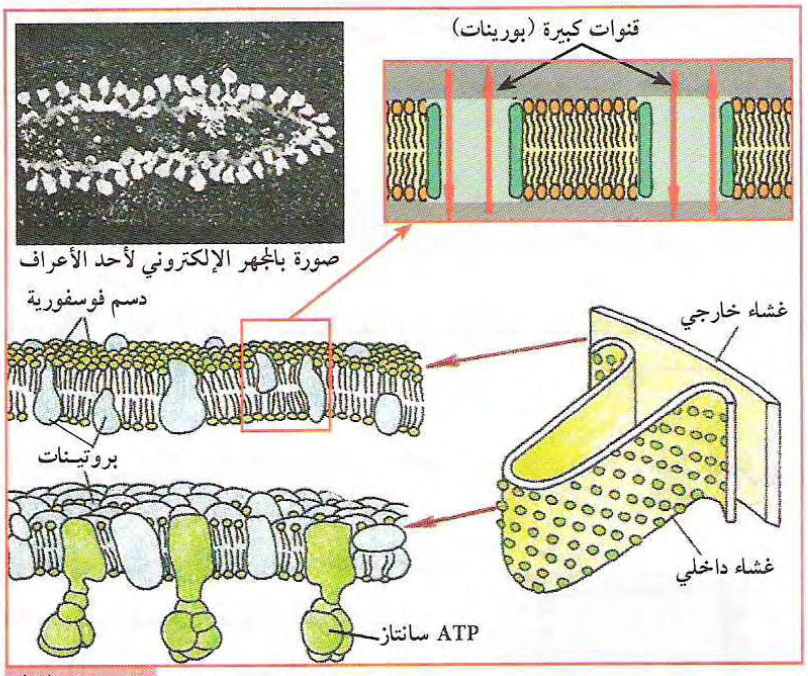
+ موجود − غير موجود

الوثيقة (4)

استغلال الوثائق:

بالإعتماد على جدول الوثيقة (4) وأشكال الوثيقة (5):

1. قارن بين بنية مكونات كل من الغشاء الداخلي والخارجي للميتوكندري ؟ ماذا تستخلص ؟
2. قارن بين بنية مكونات كل من الغشاء الداخلي والمادة الأساسية للميتوكندري ؟ ماذا تستخلص ؟
3. إن وظيفة أي عضية مرتبطة أساسا بتركيبها الكيميائي، ماذا يمكن قوله حول وظيفة كل من الحشوة والغشاء الداخلي للميتوكوندري ؟



الوثيقة (5)

4 أمكن تلخيص التفاعلات الكيميائية للتنفس في المعادلة الإجمالية التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 + H_2O \xrightarrow{1\ \text{و}\ 2} CO_2 + H_2O + \text{طاقة}$$

1. إستخلص من المعادلة نوع التفاعل الذي حدث في 1 و2 ؟
2. إستنتج من المعادلة طبيعة تفاعلات ظاهرة التنفس ؟

النشاط 3

التحلل السكري

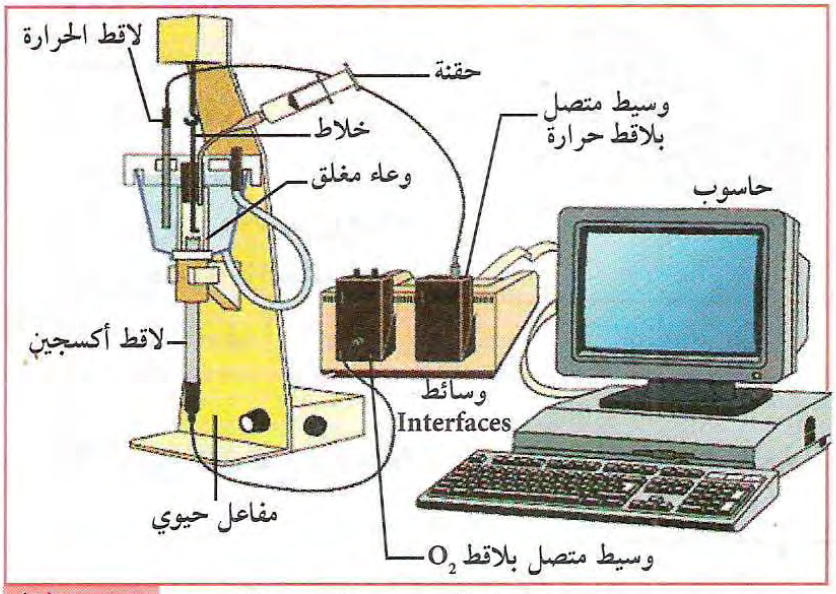
يمكن إظهار امتصاص الأكسجين واستهلاك الركيزة الأيضية من طرف ميتوكندريات معزولة باستعمال جهاز مدعم بالحاسوب، حيث تؤمِّن هذه العضيات التفاعلات المميزة للتنفس الخلوي.

➢ **فما هي الركيزة العضوية المستعملة من طرف الميتوكندري ؟**

❶ مادة الأيض المستعملة من طرف الميتوكوندري

تجربة 1:

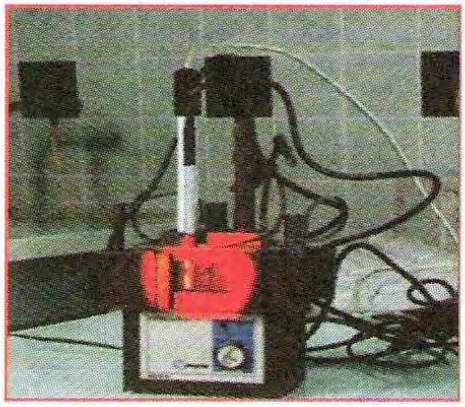
لغرض التعرف على مادة الأيض المستعملة من طرف الميتوكوندري تم عزل ميتوكوندري من خلايا كبد الجرذ باستعمال تقنية الطرد المركزي فائق السرعة. تم وضع الميتوكوندري المعزولة في وعاء المفاعل الحيوي المغلق بإحكام والمحتوي على محلول منظم. تم قياس كمية الأكسجين داخل الوعاء عن طريق لاقط الأكسجين ضمن تركيب تجريبي مدعم بالحاسوب. تمت إضافة مواد أيض مختلفة عند الأزمنة ز1=1د ز2=2د.



صورة لجهاز التجريب المدعم بالحاسوب **الوثيقة (1)**

نتائج التجربة موضحة في منحنى الوثيقة (2).

الوثيقة (2)



- حلل المنحنى. ماذا تستنتج حول مادة الأيض المستعملة من طرف الميتوكوندري ؟

تجربة 2:

يعتبر حمض البيروفيك أحد نواتج التحلل السكري للغلوكوز، فعلى أي مستوى في الخلية يتم التحلل السكري ؟ وما هو مصير حمض البيروفيك ؟

لإظهار ذلك نقوم بالتجربة التالية:

نحضر مزرعتين من خميرة الخبز في إناءين مختلفين يحتوي كل منهما على سكر الغلوكوز المشع (*G)؛ نسدّ الإناء الأول بإحكام (وسط لا هوائي) ونقوم بتهوية الإناء الثاني باستمرار (وسط هوائي).

يتم تتبع ظهور الإشعاع داخل خلايا الخميرة (الهيولى أو الميتوكوندري) بعد فترات زمنية مختلفة، النتائج موضحة في الجدولين (أ وب) من الوثيقة (3).

*P = حمض البيروفيك المشع *A_1 و*A_2 و*A_3 = نواتج مشتقة من حمض البيروفيك مشعة.

الزمن	الوسط	الهيولى	الميتوكوندري
ز 0	G*		
ز 1	G*	G*	
ز 2		P*	P*
ز 3			A_1* + P*
ز 4	*CO_2		A_3*

الجدول (أ)

الزمن	الوسط	الهيولى	الميتوكوندري
ز 0	G*		
ز 1	G*	G*	
ز 2		P*	
ز 3		A_2* + P*	
ز 4	*CO_2	A_2*	

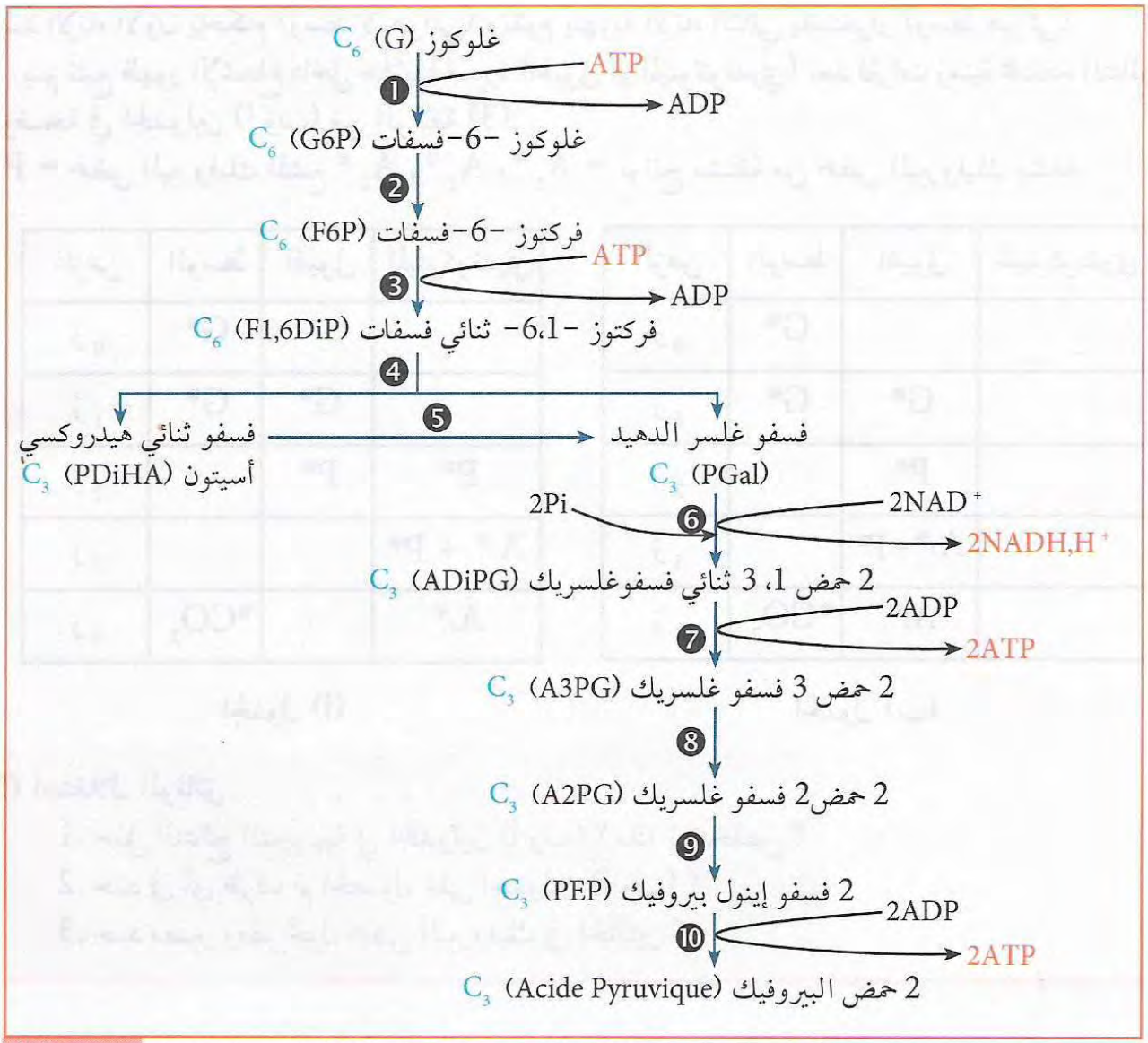
الجدول (ب)

استغلال الوثائق:

1. حلل النتائج التجريبية في الجدولين (أ وب) ؟ ماذا تستخلص ؟
2. حدد في أي ظرف تم الحصول على الجدولين (أ وب) ؟
3. حدد مصير ومقر تحول حمض البيروفيك في الحالتين ؟

❷ مراحل التحلل السكري في الهيولى

تم إظهار أن الميتوكوندري لا تستعمل الغلوكوز مباشرة حيث يتحلل الغلوكوز (مركب C_6) في الهيولى تدريجيا بوجود إنزيمات خاصة إلى حمض البيروفيك (مركب C_3) خلال سلسلة من التفاعلات، منها المستهلكة للـ ATP ومنها المنتجة لها، ومنها المؤدية إلى إرجاع المرافق الإنزيمي (NAD^+) كما يبينه المخطط الموالي:



الوثيقة (4) مخطط يلخص مراحل التحلل السكري في الهيولى

1. مثل التفاعلات 1، 3، 6، 7 و10 بمعادلات بسيطة ؟
2. استنتج نوع التفاعل الذي حدث في كل حالة اعتمادا على الحالات التالية: إماهة ATP، تركيب ATP، تفاعلات أكسدة وإرجاع ؟
3. هل حصيلة عدد ATP إيجابية أم سلبية ؟ علل إجابتك ؟
4. لخص تفاعلات التحلل السكري في معادلة إجمالية بسيطة ؟

النشاط 4

مراحل تفكك حمض البيروفيك (تفاعلات حلقة كريبس)

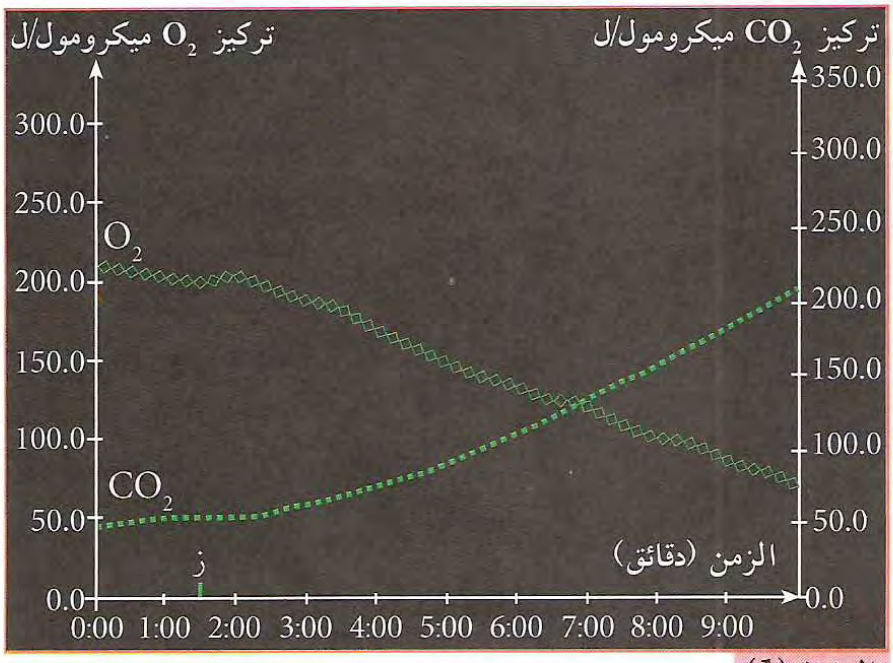
بينت قياسات استهلاك الأكسجين من طرف ميتوكندريات معزولة وباستعمال المواد الموسومة بالإشعاع أنّ حمض البيروفيك يتعرض لسلسلة من التفاعلات في المادة الأساسية للميتوكندري.

➢ فما هي مراحل تحول حمض البيروفيك ؟

❶ إظهار هدم حمض البيروفيك من طرف الميتوكوندري

باستعمال التركيب التجريبي الموضح في الوثيقة (1) تم وضع معلق من الميتوكوندري في وسط غني بالأكسجين ثم حقنت كمية من حمض البيروفيك في الزمن (ز). تم قياس تركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون عن طريق لاقطين. النتائج المتحصل عليها مبينة في الوثيقة (1).

- حلل منحنى الوثيقة (1)، ماذا تستنتج ؟



الوثيقة (1)

❷ تحول حمض البيروفيك إلى أستيل مرافق الإنزيم (أ)

بينت التجارب أن تحويل حمض البيروفيك إلى أستيل مرافق إنزيم (أ)، يتم بواسطة معقد إنزيمي كبير يقوم بنزع الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة التالية:

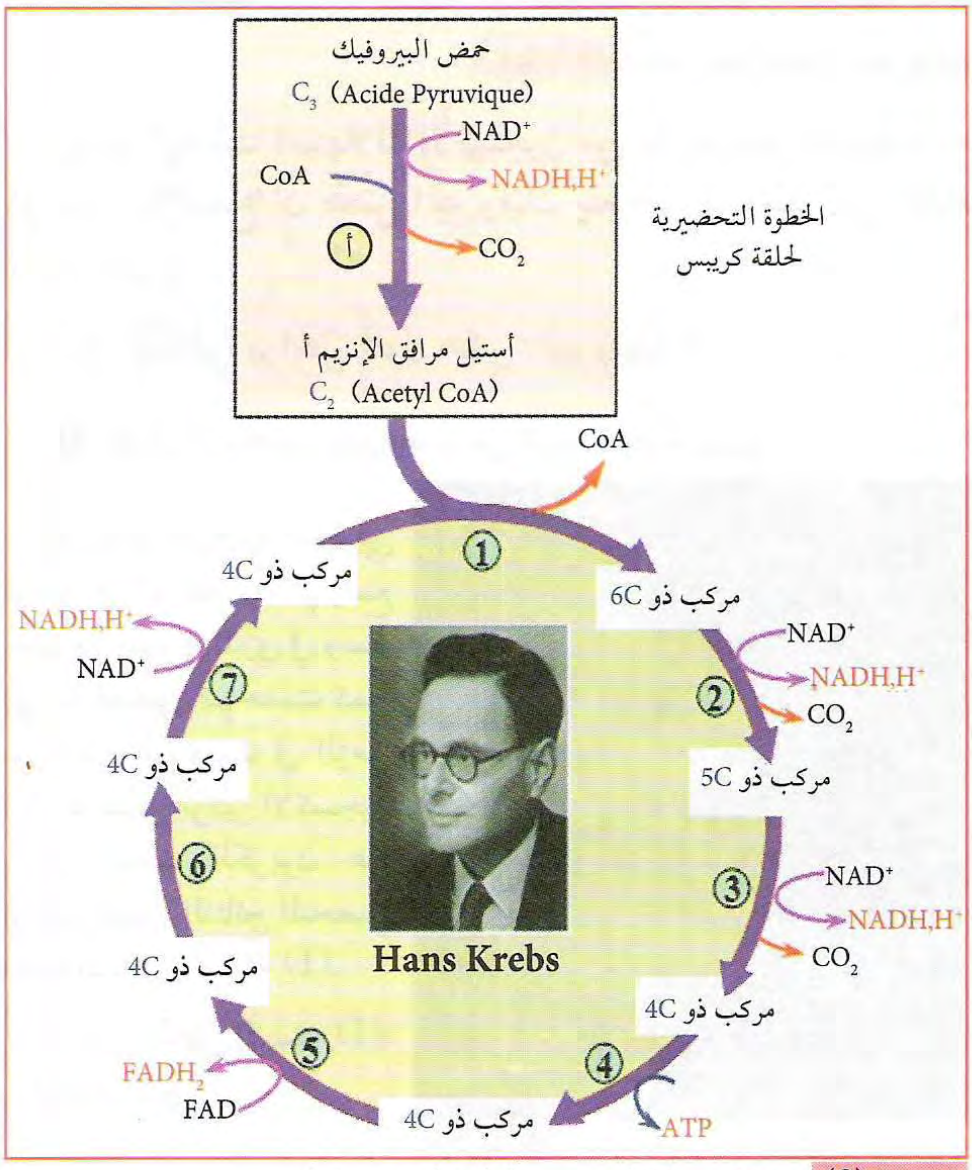
$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-COOH + CoA-SH \xrightarrow[NAD^+ \quad NADH,H^+]{CO_2} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-S-CoA$$

حمض بيروفيك — مرافق الإنزيم (أ) — أستيل مرافق الإنزيم (أ)

يعتبر هذا التفاعل خطوة تحضيرية للمرحلة اللاحقة (حلقة كريبس) لذلك يكتب عادة مع الحلقة.

❸ تفاعلات حلقة كريبس

يدخل الأستيل مرافق الإنزيم (أ) في سلسلة من التفاعلات وذلك خلال دورة كيموحيوية تدعى بحلقة كريبس (نسبة إلى العالم Hans Krebs الذي اكتشفها) وذلك بتدخل مجموعة من الإنزيمات (نازعات الكربوكسيل والهيدروجين، أو نازعات للهيدروجين فقط)؛ تلخص الوثيقة المقابلة أهم مراحل هذه الحلقة بالإضافة إلى الخطوة التحضيرية لها.



الوثيقة (2) تفاعلات حلقة كريبس والخطوة التحضيرية لها

1. استخرج نوع التفاعلات التي حدثت في 1، 3، 4، 5، 6، 8 (تركيب ATP، تفاعلات أكسدة، تفاعلات نزع كربوكسيل تأكسدية).
2. استخرج عددجزيئات CO_2 المطروحة خلال مراحل الدورة انطلاقا من جزيئة غلوكوز واحدة ؟
3. حدد عدد ونوع المرافقات الإنزيمية المرجَعَة خلال مراحل الدورة انطلاقا من جزيئة غلوكوز واحدة ؟
4. لخص التفاعل (أ) في معادلة إجمالية بسيطة ؟

* استنتج الحصيلة الأولية للتحلل السكري وحلقة كريبس انطلاقا من جزيئة غلوكوز واحدة (تشمل الحصيلة عدد ATP، $NADH,H^+$، FADH2، CO_2)

معلومات مفيدة

مرافق الإنزيم (أ): جزيئة عضوية معقدة مشتقة من فيتامين (مجموعة B_3)

النشاط 5

الفسفرة التأكسدية

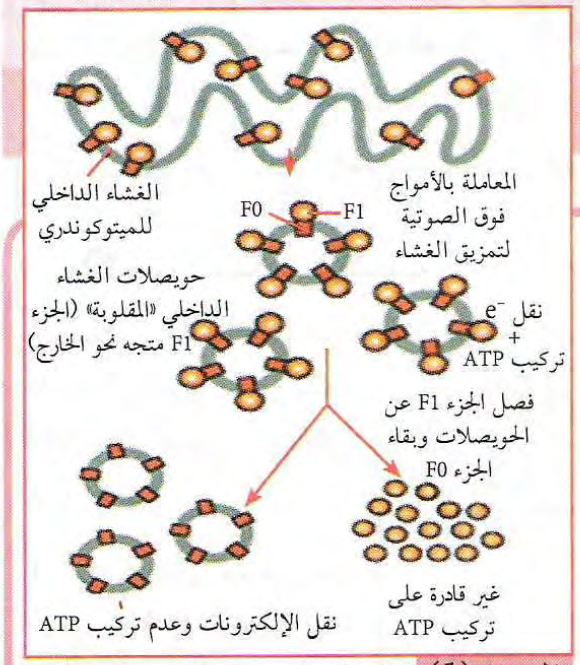
يتطلب استمرار مرحلتي التحلل السكري وحلقة كريبس تجديد المرافقات الإنزيمية المرجَعَة (NADH,H+، FADH2) وذلك بأكسدتها وتشكل جزيئات الماء بالإضافة إلى تركيب جزيئات ATP.

➢ فما هو مقر هذه التفاعلات ؟ وماهي مراحلها ؟

❶ دور الغشاء الداخلي للميتوكندري

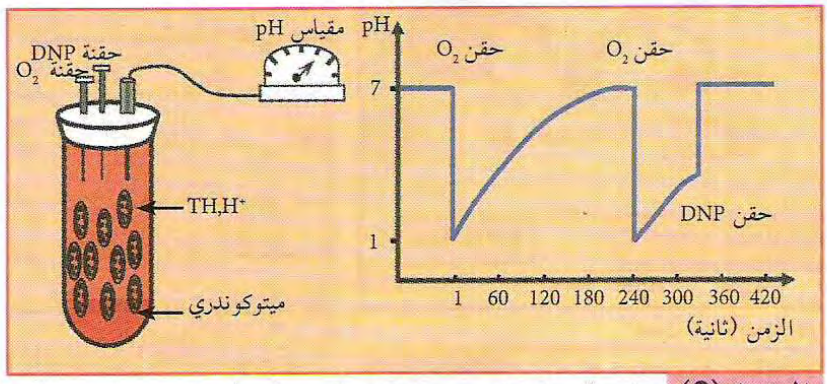
لإظهار دور الغشاء الداخلي للميتوكوندري في الفسفرة التأكسدية نستعرض التجارب التالية:

التجربة 1: باستعمال الأمواج فوق الصوتية تمت تجزئة الميتوكندري فتشكلت حويصلات للأغشية الداخلية «المقلوبة» بها كريات مذنبة. كما أن فصل الجزء الكروي (F_1) من الإنزيم ATP Synthase عن الجزء المتواجد ضمن الغشاء (F_o) سمح بتحديد دور كل منهما في تركيب ATP في شروط تجريبية مناسبة. نتائج التجربة موضحة في الوثيقة (1).


الغشاء الداخلي للميتوكوندري
المعاملة بالأمواج فوق الصوتية لتمزيق الغشاء
F0
F1
حويصلات الغشاء الداخلي «المقلوبة» (الجزء F1 متجه نحو الخارج)
نقل e⁻ + تركيب ATP
فصل الجزء F1 عن الحويصلات وبقاء الجزء F0
غير قادرة على تركيب ATP
نقل الإلكترونات وعدم تركيب ATP

الوثيقة (1) نتائج التجارب على الحويصلات الناتجة من الغشاء الداخلي للميتوكوندريا

- ما هي المعلومات التي تقدمها نتائج التجربة فيما يخص دور مكونات الحويصلات الغشائية (الغشاء والإنزيم) ؟



الوثيقة (2) نتائج تجربة قياس درجة pH في معلق لميتوكوندريا معزولة

التجربة 2: لتحديد سلوك الغشاء الداخلي للميتوكندري تجاه البروتونات H^+ تم قياس pH الوسط الخارجي لمعلق من الميتوكوندري المعزولة يحتوي على معطي الإلكترونات (TH,H^+). يكون الوسط خاليا من الأكسجين في بداية التجربة، ثم يتم حقن جرعات من الأكسجين أو مادة ثنائي نتروفينول (Di Nitro Phenol) DNP عند أزمنة محددة، النتائج موضحة في منحنى الوثيقة (2)

1. حلل منحنى الوثيقة (2).
2. حدد تأثير كل من الأكسجين ومادة DNP مبرز مصدر H^+ عند إضافة O_2، وضح ذلك في معادلة كيميائية.
3. علل انخفاض الـ pH خارج الميتوكوندريا ثم عودته إلى الوضعية الأصلية ؟
4. قارن زمن عودة pH إلى الوضعية الأصلية في غياب وفي وجود DNP. قدم تفسيرا لذلك ؟

التجربة 3:

يتم وضع حويصلات غشائية محتوية على كريات مذنبة في أوساط مختلفة من درجة الـ pH بوجود ADP وPi. يتم الكشف عن فسفرة الـ ADP إلى ATP في كل حالة. نتائج التجارب مدونة في الجدول الموالي:

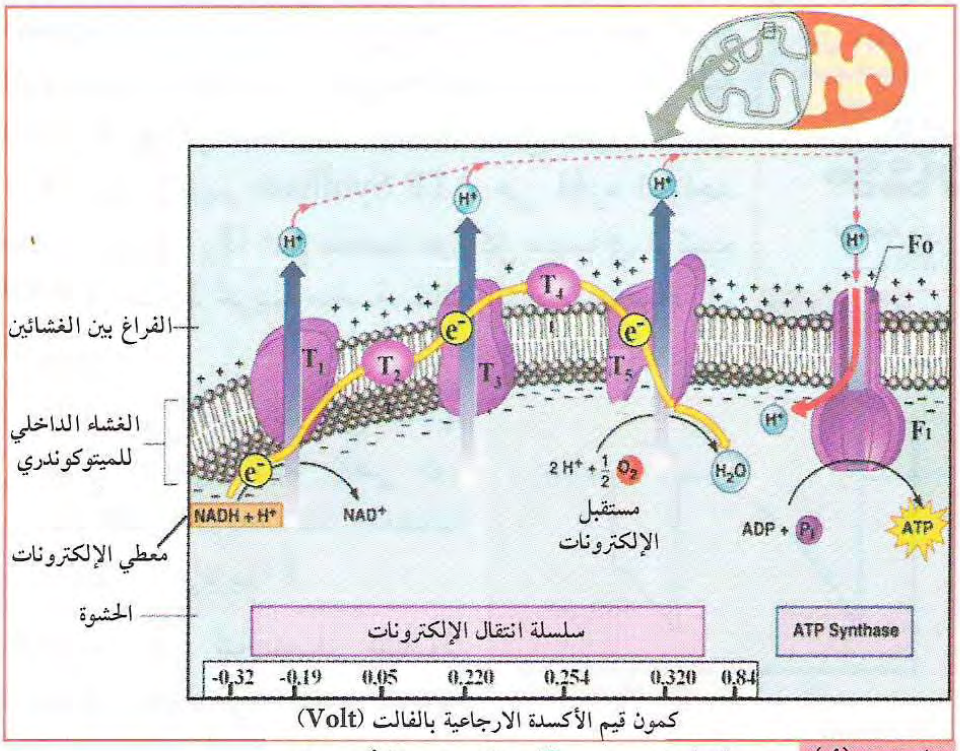
التجارب	pH الداخلي	pH الخارجي	وجود الكريات المذنبة	الملاحظات
1	7	7	نعم	عدم فسفرة الـ ADP
2	4	7	نعم	فسفرة الـ ADP
3	4	7	لا	عدم فسفرة الـ ADP

الوثيقة (3) جدول يبين نتائج التجارب الثلاثة لتحديد شروط تركيب ATP

- استنتج من نتائج التجربة شروط تركيب ATP ؟

❷ آلية الفسفرة التأكسدية

مكنت الدراسات المختلفة من تحديد آلية حدوث الفسفرة التأكسدية على الغشاء الداخلي للميتوكوندري. الوثيقة (4) تلخص مراحل هذه الآلية:

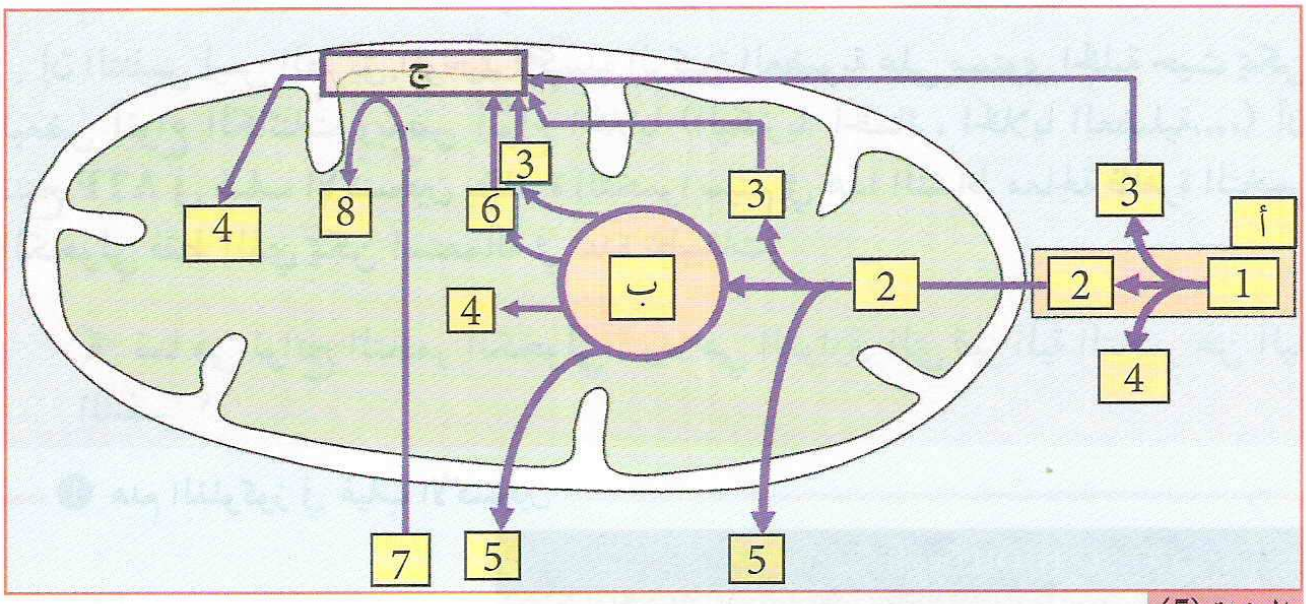


الوثيقة (4) رسم تخطيطي يوضح آلية الفسفرة التأكسدية

1. باستغلال معطيات الوثيقة (4) حدد الآلية الفيزيائية لإنتقال الإلكترونات في السلسلة التنفسية، معتمدا على قيم كمون الأكسدة الارجاعية.
2. علل انخفاض pH خارج الميتوكوندريا في التجربة الثانية بالإستعانة بمخطط الفسفرة التأكسدية ؟
3. أحسب فرق كمون الأكسدة الإرجاعية بين الثنائيتين $NAD^+/NADH,H^+$ والناقل T_2. ماذا تستنتج؟
4. إذا علمت أن هذا الفرق في الكمون يمثل طاقة متحررة، فيما تستعمل هذه الطاقة مستعينا بمخطط الفسفرة التأكسدية ؟
5. حدد المستقبل الأخير للإلكترونات في السلسلة التنفسية ؟

* إذا علمت أن الطاقة المتحررة من أكسدة $NADH,H^+$ تعادل 3ATP وأن الطاقة المتحررة من أكسدة FADH2 تعادل 2ATP، أحسب الحصيلة الطاقوية القابلة للاستعمال (عدد ATP) الناتجة من هدم جزيئة من الغلوكوز ؟

تمثل الوثيقة (5) رسما تخطيطيا يوضح مختلف تفاعلات تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة قابلة للاستعمال في وسط هوائي.



الوثيقة (5)

انطلاقا من المعلومات المتوصل إليها من خلال النشاطات السابقة:

1. ضع عنوانا للوثيقة (5).
2. أكتب بيانات الوثيقة (5).
3. ماذا تمثل الأحرف (أ، ب، ج) ؟

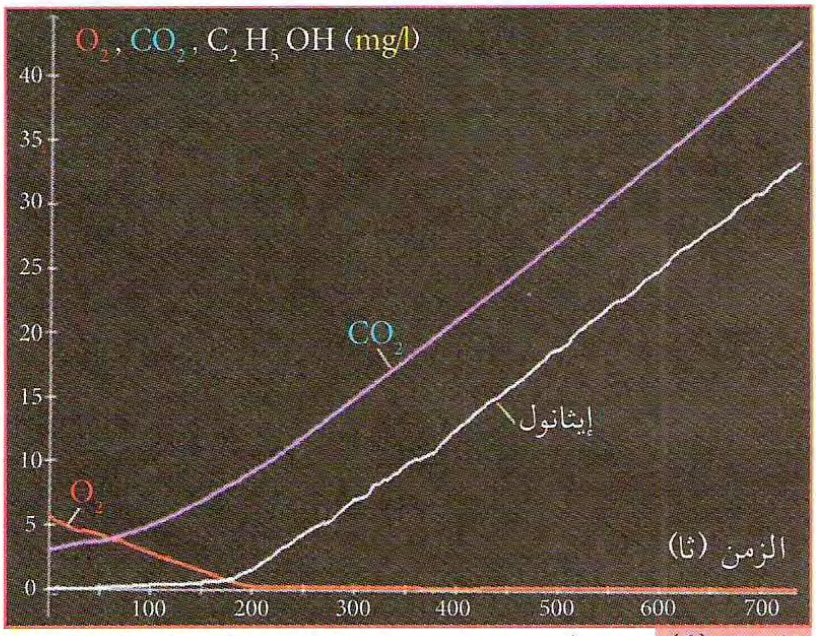
* أنجز مخططا تلخص فيه مجموع الظواهر التي تم التطرق إليها في النشاطات السابقة لتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الوسط الهوائي.

II - آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في وسط لا هوائي

إن التنفس ليس الطريق الوحيد لأكسدة الركيزة العضوية على مستوى الخلية حيث يمكن لبعض أنواع الكائنات وبعض أنواع الخلايا (البكتريا، الخمائر، الخلايا العضلية....) أن تنتج ATP في غياب الأكسجين بظاهرة التخمر؛ سيتم في هذا النشاط معالجة ظاهرة التخمر الكحولي فقط الذي يمكن استعماله في عدة تطبيقات.

➢ فما هي نواتج التخمر الكحولي ؟ وما هي الفوارق التي تميز آلية التخمر عن آلية التنفس ؟

❶ هدم الغلوكوز في غياب الأكسجين



الوثيقة (1) نتائج تجربة قياس نواتج التخمر الكحولي في الوسط اللاهوائي

التجربة 1:

باستعمال نفس التركيب التجريبي الموضح في الوثيقة (1) من النشاط (3) والمزود بلاقط لـ O_2 وآخر لـ CO_2 ولاقط لقياس الإيثانول... يتم وضع خلايا خميرة الخبز في وسط غني بالغلوكوز. نتائج التجربة موضحة في منحنى الوثيقة (1).

- حلل المنحنى، ماذا تستنتج ؟

❷ تطور كتلة الخميرة في غياب وفي وجود الأكسجين

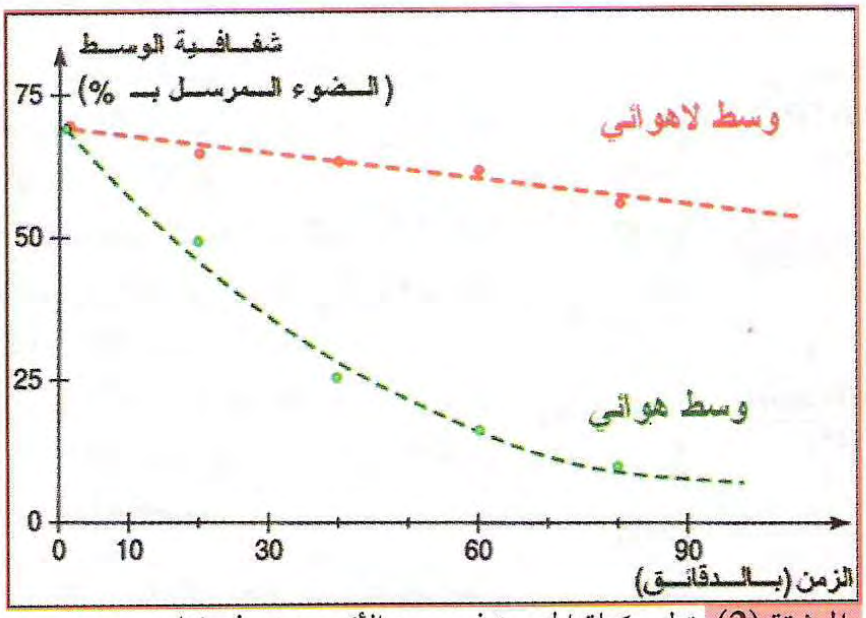
تجربة:

تم توزيع معلق من خميرة الخبز في محلول من الغلوكوز (0،2 غ/ل من الخميرة و5غ/ل من الغلوكوز) في إناءين موضوعين في حمام مائي في 30°م:

يتم تهوية الإناء الأول باستمرار لتوفير الأكسجين. تستهلك الخميرة في الإناء الثاني الأكسجين المتواجد في بداية التجربة (يصبح الوسط لاهوائيا)، نأخذ عيّنات من الوسط على فترات زمنية منتظمة

(كل 20 دقيقة) لقياس تطور كتلة الخميرة.

يرتكز هذا القياس على مبدأ بسيط حيث أن شفافية الوسط تقل بزيادة عدد الخلايا في وحدة الحجم.

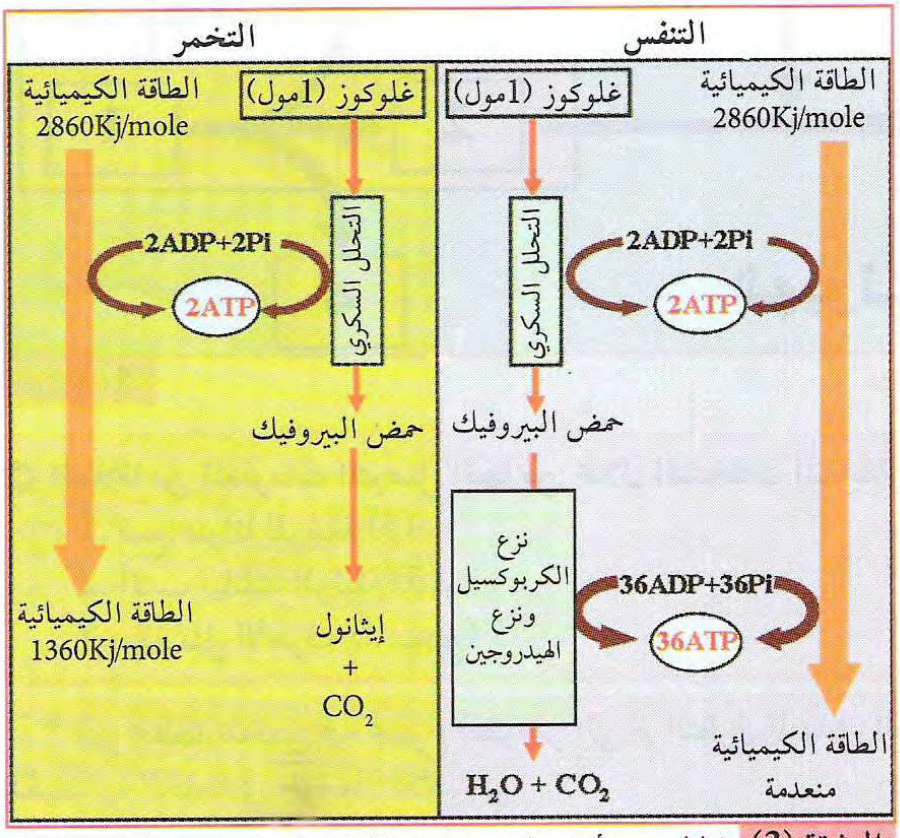


الوثيقة (2) تطور كتلة الخميرة في وجود الأكسجين وفي غيابه

استغلال الوثائق:

1. حلل نتائج التجربة، ماذا تستنتج حول مردود إنتاج الخميرة في الحالتين ؟
2. قارن بين تطور كتلة الخمير في الوسطين (هوائي ولاهوائي) ؟ علل ذلك ؟

❸ دراسة مقارنة للحصيلة الطاقوية لآلتي التنفس والتخمر



الوثيقة (3) مخطط يوضح أنواع المواد ومستوى الطاقة فيها خلال مراحل التنفس والتخمر

يعتبر كل من التنفس والتخمر ظاهرتان تعملان على تحرير الطاقة ولكن مردودهما جدّ مختلف كما تبينه الوثيقة المقابلة.

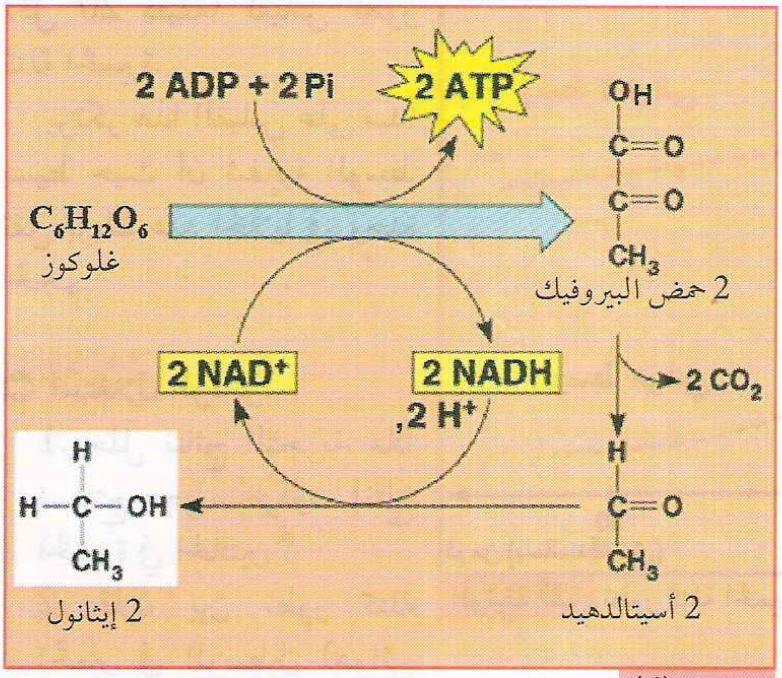
- حدد كمية الطاقة الناتجة عن هدم جزيئة واحدة من الغلوكوز أثناء كل آلية.

❹ إظهار كيفية تجديد نواقل الهيدروجين خلال التخمر

يتطلب استمرار التحلّل السكري تجديد نواقل الهيدروجين؛ تلخص الوثيقة المقابلة هذه الآلية.

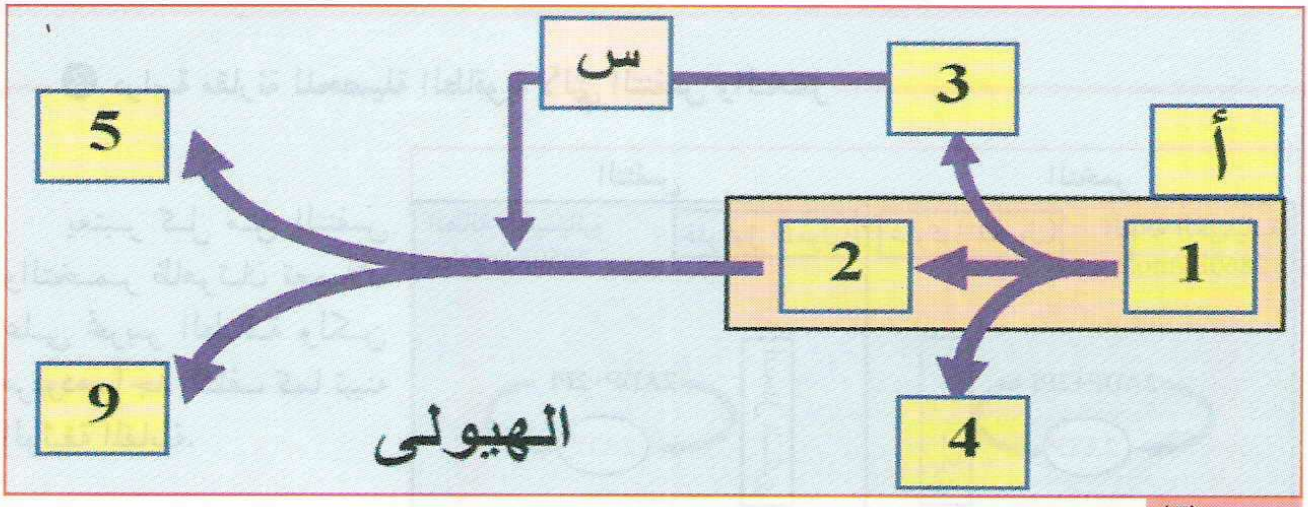
-كيف يتم تجديد المرافقات الإنزيمية لاستمرار التحلل السكري وتركيب الـ ATP خلال عملية التخمر؟

- قارن آلية تجديد المرافقات الإنزيمية في كل من التنفس والتخمر.



الوثيقة (4)

* باستغلال معطيات النشاط مثل بمعادلة إجمالية بسيطة ظاهرة التخمر إنطلاقا من جزيئة غلوكوز واحدة.



الوثيقة (5)

انطلاقا من المعلومات المتوصل إليها من خلال النشاطات السابقة:

1. ضع عنوانا للوثيقة (5).
2. أكتب بيانات الوثيقة (5).
3. ماذا تمثل الأحرف (أ، ب، ج) ؟

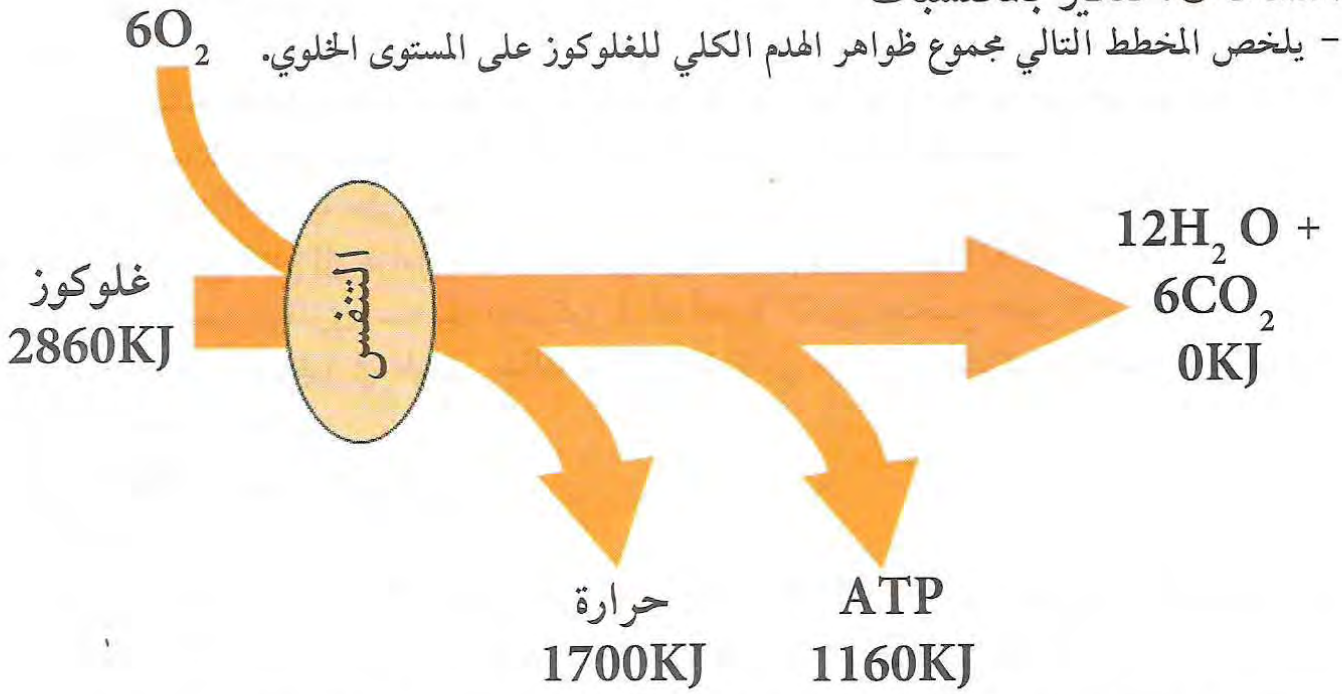
* أنجز مخططا تلخص فيه مجموع الظواهر التي تم التطرق إليها في النشاطات السابقة لتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الوسط اللاهوائي.

الحصيلة المعرفية

I- الهدم الكلي للغلوكوز في وجود الأكسجين (التنفس)

النشاط ❶: تذكير بالمكتسبات

- يلخص المخطط التالي مجموع ظواهر الهدم الكلي للغلوكوز على المستوى الخلوي.



- التنفس ظاهرة حيوية يتم خلالها هدم المادة العضوية (سكر، دسم، بروتينات) كليا في وجود الأكسجين، كما يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في المادة العضوية إلى طاقة كيميائية قابلة للإستعمال في صورة جزيئات ATP. يتم استعمال جزيئات ATP الناتجة في مختلف النشاطات التي تقوم بها الخلية. يمكن لبعض أنواع الكائنات والخلايا هدم المادة العضوية وإنتاج ATP بطريق آخر يعرف بالتخمر.
- يمكن تلخيص هدم المادة العضوية خلال عملية التنفس بالمعادلة التالية:

مراجعة المعادلة

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 + H_2O + ADP + Pi \longrightarrow CO_2 + H_2O + ATP + \text{حرارة}$$

إذا كانت المادة العضوية المراد هدمها هي سكر الغلوكوز فإن عملية الهدم تمر بمراحل هي:

المرحلة الأولى: تتم في الهيولى وتعرف بالتحلل السكري.

المرحلة الثانية: تتم في المادة الأساسية للميتوكوندري وتعرف بحلقة كريبس.

المرحلة الثالثة: تتم على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري وتعرف بالفسفرة التأكسدية.

تعرف المرحلة الثانية والثالثة بالأكسدة التنفسية ويرتبط حدوثها بالميتوكوندري.

النشاط ❷: مقر الأكسدة التنفسية

الميتوكوندري هي عضيات ذات بنية حجيرية وشكل بيضوي يتراوح قطرها بين 0.1 و0.5 ميكرون وطولها بين 0.5 و2 ميكرون.

يحيط بالميتوكندري غلاف مكون من غشائين بينهما فراغ ويحتوي الغشاء الداخلي منها على إنثنائات كثيرة تدعى الأعراف الميتوكوندرية تزيد من مساحة الغشاء الداخلي بدرجة كبيرة. يحيط الغشاء الداخلي

بتجويف يدعى المادة الأساسية.

يتميز الغشاء الداخلي بمحتواه العالي من البروتينات مقارنة بالغشاء الخارجي. كما يتميز الغشاء الداخلي بوجود عدد من نواقل الإلكترونات تشكل مايعرف بالسلسلة التنفسية أو سلسلة انتقال الإلكترونات، بالإضافة إلى أجسام كروية تمتد في المادة الأساسية تسمى الكريات المذنبة أو إنزيم ATP Syn-thase.

يتميز الغشاء الخارجي باحتواءه على قنوات غشائية كبيرة تسمح بمرور العديد من الجزيئات بسهولة في الإتجاهين. بينما لا يسمح الغشاء الداخلي بمرور الجزيئات إلا عبر نواقل متخصصة.

تحتوي المادة الأساسية على عدد كبير من الإنزيمات منها نازعات الهيدروجين ونازعات الهيدروجين والكربوكسل التي تحتاج إلى عوامل مساعدة تسمى المرافقات الإنزيمية أهمها (NAD^+, FAD).

لا يمكن للميتوكوندري استعمال الغلوكوز كمادة أيضية لكنها تستعمل حمض البيروفيك الذي ينتج من الهدم الجزئي للغلوكوز في الهيولى، لذلك تتم المرحلة الأولى من هدم الغلوكوز في الهيولى وتعرف هذه المرحلة بالتحلل السكري.

النشاط ❸: التحلل السكري

3. ماذا يحدث للغلوكوز في الهيولى ؟

يتم هدم الغلوكوز (C6) إلى جزيئتين من حمض البيروفيك (C3) خلال سلسلة من التفاعلات، منها المستهلكة للـ ATP ومنها المنتجة لها، ومنها المؤدية إلى إرجاع المرافق الإنزيمي (NAD^+).

يتم خلال التحلل السكري أكسدة المادة العضوية مما يسمح بإرجاع المرافقات الإنزيمية (تفاعلات أكسدة / إرجاع). كما يتم خلال التحلل السكري فسفرة للسكريات عن طريق ATP وتركيب ATP عن طريق نزع الفسفات من مادة التفاعل. يعرف هذا النوع من تركيب ATP بالتركيب المباشر ويحدث مرتين خلال التحلل السكري.

يمكن تلخيص حصيلة التحلل السكري في المعادلة الإجمالية البسيطة التالية:

$$\textbf{Glucose} + 2NAD^+ + 2ADP + 2Pi \longrightarrow \textbf{2Acide pyruvique} + 2ATP + 2NADH,2H^+$$

4. ماذا يحدث على مستوى المادة الأساسية للميتوكوندري ؟

بعد دخول حمض البيروفيك الناتج من هدم الغلوكوز في الهيولى تتواصل عملية الهدم عن طريق تحويل حمض البيروفيك إلى أسيتيل مرافق الإنزيم (أ) (Acetyl-CoA) وهو مركب ثنائي الكربون(C2). يتم خلال هذا التفاعل أكسدة ونزع للكربوكسيل من حمض البيروفيك . تتم عملية أكسدة مع إرجاع المرافق الإنزيمي NAD^+ إلى $NADH,H^+$ ونزع CO_2 بواسطة معقد إنزيمي كبير. تعرف هذه العملية بنزع كربوكسيل تأكسدية (أكسدة ونزع كربوكسيل).

يمكن تلخيص ماحدث في هذا التفاعل في المعادلة الإجمالية البسيطة التالية:

$$\textbf{Acide pyruvique} + \textbf{CoA-SH} + NAD^+ \longrightarrow \textbf{Acetyl-CoA} + CO_2 + NADH,H^+$$

يستمر هدم المركب الناتج (C2) خلال سلسلة من التفاعلات في شكل حلقي تسمى حلقة كريبس نسبة إلى العالم الألماني كريبس الذي إكتشفها. يتم خلال الحلقة سلسلة من التفاعلات منها:

1) تفاعلات نزع الكربوكسيل التأكسدية (أكسدة في وجود NAD^+ ونزع CO_2) مرتين.
2) تفاعلات نزع الهيدروجين (أكسدة) وإرجاع المرافق الإنزيمي NAD^+ مرة.
3) تفاعلات نزع الهيدروجين (أكسدة) وإرجاع المرافق الإنزيمي FAD مرة واحدة.
4) كما يتم خلال الحلقة تركيب للـ ATP بطريقة مباشرة تشبه تلك التي حدثت في التحلل السكري. حيث يتم نقل مجموعة فسفات من مادة التفاعل إلى ADP لتشكيل ATP.

يمكن تلخيص حصيلة حلقة كريبس بالمعادلة الإجمالية البسيطة التالية:

$$\text{Acetyl-CoA} + 3NAD^+ + FAD + ADP + Pi \longrightarrow CO_2 + 3NADH,3H + FADH_2 + ATP + \text{CoA-SH}$$

5. ماذا يحدث على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري ؟

تحتوي المرافقات الإنزيمية المرجعة (NADH وFADH2) على إلكترونات عالية الطاقة (كمون أكسدة وإرجاع منخفض). تعتبر المرافقات الإنزيمية هذه المعطي الأول للإلكترونات في السلسلة التنفسية وهي ذات كمون سالب (-0.32 فولت و-0.19 فولت على التوالي) يتم نزع الإلكترونات من هذه المرافقات الإنزيمية (أكسدة) ونقلها عبر سلسلة من نواقل الإلكترونات (السلسلة التنفسية) المتواجدة في الغشاء الداخلي للميتوكندري. تتواجد نواقل الإلكترونات ضمن الغشاء الداخلي أو على سطحه بعضها كبير وبعضها الآخر صغير. تنخفض طاقة الإلكترونات تدريجيا أثناء انتقالها من ناقل إلى آخر (إرتفاع تدريجي في كمون أكسدة / إرجاع) حتى تصل إلى المستقبل الأخير وهو الأكسجين (كمون مرتفع يساوية 0.82 فولت) الذي يتم إرجاعه إلى ماء وفق المعادلة التالية:

$$1/2O_2 + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow H_2O$$

تقوم بعض النواقل في السلسلة التنفسية (النواقل الضمنية الكبيرة) باستعمال جزء من طاقة الإلكترونات المنتقلة خلالها لضخ البروتونات (H^+) من المادة الأساسية إلى الفراغ بين الغشائين (نقل فعال) . ونظرا لوجود قنوات البورين في الغشاء الخارجي للميتوكوندري فإن البروتونات تخرج كذلك خارج الميتوكوندري.

يتشكل نتيجة لخروج البروتونات فرق في تركيز البروتونات H^+ (فرق في pH) عبر الغشاء الداخلي يكون التركيز مرتفعا (pH حامضي) في الجهة الخارجية للغشاء.

تعود البروتونات مرة أخرى عن طريق الانتشار (الميز) إلى المادة الأساسية عبر إنزيم ATP Synthase الذي يوفر طريقا لعبور البروتونات. عودة البروتونات يعمل على تحفيز الإنزيم على ربط ADP وPi لتركيب ATP (الفسفرة).

لذلك تعرف عملية أكسدة المرافقات الإنزيمية وما يرافقها من فسفرة ADP إلى ATP بالفسفرة التأكسدية Phosphorylation oxidative.

يؤدي أكسدة المرافق الإنزيمي ($NADH,H^+$) عبر السلسلة التنفسية إلى تحرير طاقة تؤدي إلى إنتاج 3 جزيئات ATP بينما تؤدي نفس الأكسدة للمرافق الإنزيمي $FADH_2$ إلى تحرير طاقة تسمح بتركيب جزيئتان من ATP.

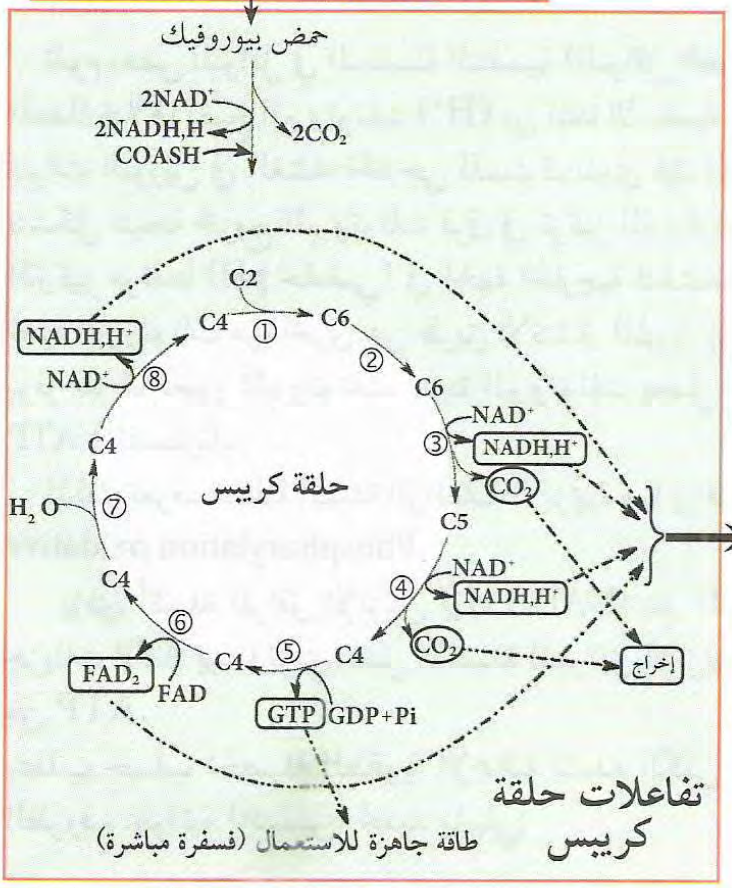
يتطلب حساب الحصيلة الطاقوية الإجمالية للهدم الكلي لجزيء واحد من الغلوكوز إلى CO_2 و H_2O في الظروف الهوائية (التنفس) تحديد ما يلي:

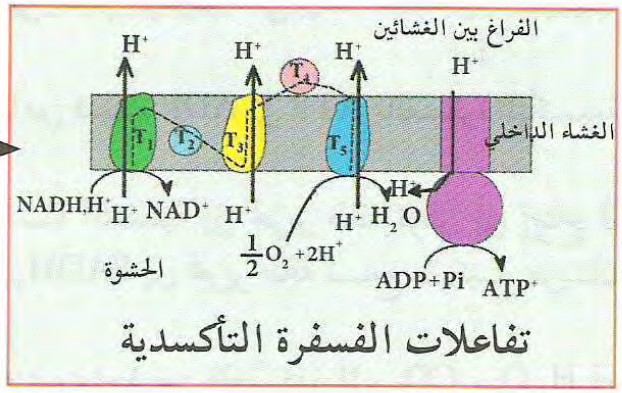
1) عدد جزيئات ATP التي يتم تركيبها بصورة مباشرة.

2) عددجزيئات ATP التي يتم تركيبها في الفسفرة التأكسدية نتيجة لأكسدة المرافقات الإنزيمية $NADH,H^+$ و $FADH_2$ الناتجة في الهيولى أو داخل الميتوكوندري.

	عدد ATP المباشرة	عدد $NADH,H^+$	عدد $FADH_2$
التحلل السكري (الهيولى)	2	2	0
حلقة كريبس (+الخطوة التحضيرية)	2	2 + 6	2
الفسفرة التأكسدية		أكسدة 10 $NADH,H^+$	أكسدة 2 $FADH_2$
حصيلة عدد ATP	4	30	4
الحصيلة الإجمالية	38ATP		

المخطط التحصيلي لظاهرة التنفس:





II – الهدم الجزئي للغلوكوز في غياب الأكسجين (التخمر)

– يمكن لبعض أنواع الكائنات الحية مثل الخميرة هدم المادة العضوية جزئيا وتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة فيها إلى ATP في غياب الأكسجين. يؤدي الهدم الجزئي للغلوكوز في الخميرة إلى إنتاج الكحول الإيثيلي و CO_2 تعرف هذه الطريقة من الهدم بالتخمر الكحولي.

– يمكن لبعض أنواع الخلايا (مثل خلايا العضلات الهيكلية عند الإنسان) القيام بهدم جزئي للغلوكوز إلى حمض اللبن (التخمر اللبني). يتم في التخمر اللبني تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة إلى ATP دون الحاجة إلى الأكسجين رغم أنه يحدث في وجود الأكسجين.

– يشترك التخمر والتنفس في المرحلة الأولى من هدم الغلوكوز (التحلل السكري) الذي يتم في الهيولى. يستمر هدم حمض البيروفيك في عملية التخمر في الهيولى بينما يستمر هدم حمض البيروفيك في التنفس داخل الميتوكوندري.

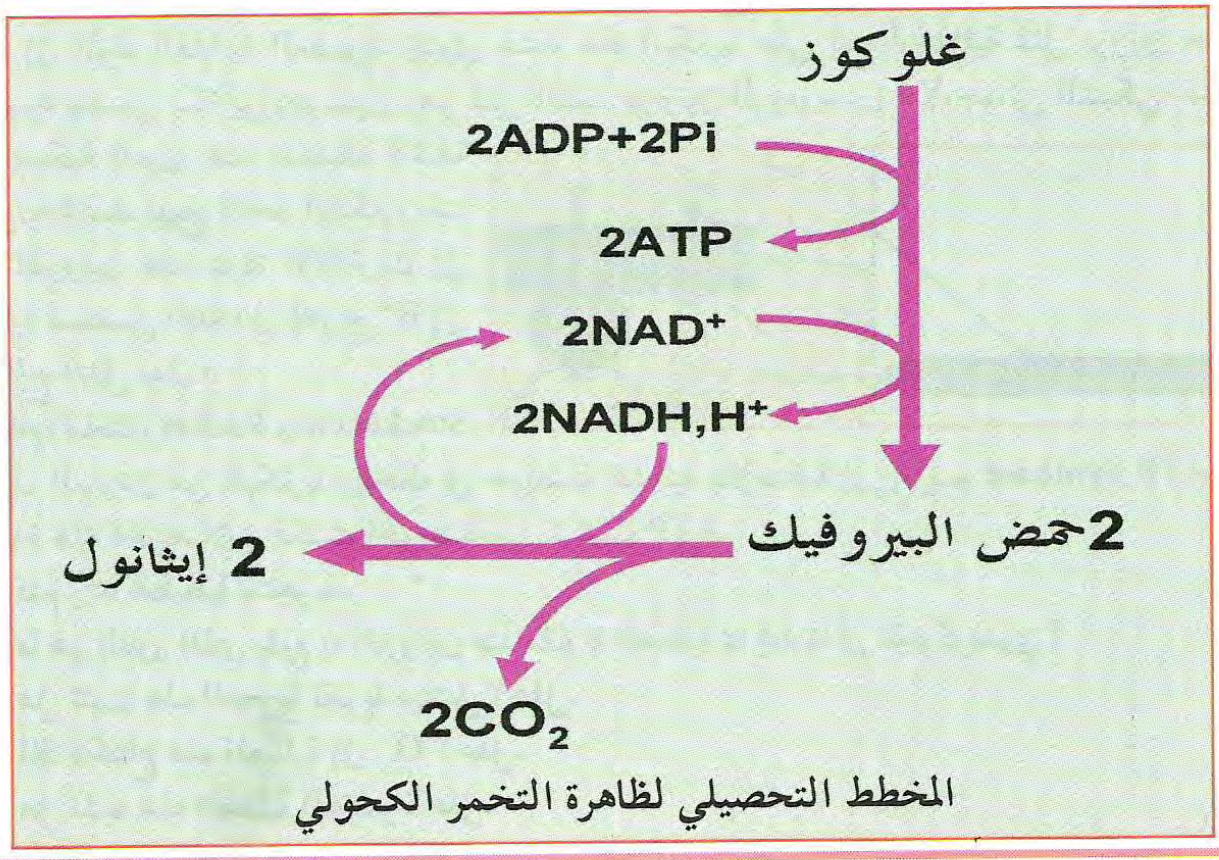
– يتم في التخمر إنتاج كمية قليلة من الطاقة مقدارها 2 ATP فقط مقارنة بـ 38 ATP في التنفس.

يمكن تلخيص ما حدث في التخمر الكحولي في المعادلة الإجمالية التالية:

$$\text{Glucose} + 2ADP + 2Pi \longrightarrow 2\ \text{Ethanol} + 2ATP + 2CO_2 + \text{حرارة}$$

– يتطلب استمرار التخمر الكحولي (تركيب ATP) تجديد المرافق الإنزيمي NADH عن طريق إرجاع مادة أيض وسطية ثنائية الكربون (C2) (الأسيتيل أدهيد) ناتجة عن نزع ثاني أكسيد الكربون CO_2 من حمض البيروفيك. لا يتطلب التجديد في هذه الحالة تدخل الأكسجين لأكسدة المرافقات الإنزيمية.

يتطلب استمرار التنفس (تركيب ATP) تجديد المرافقات الإنزيمية NADH وFADH2، يتطلب هذا التجديد تدخل الأكسجين لأكسدة هذه المرافقات.



المخطط التحصيلي لظاهرة التخمر الكحولي

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1

التنفس والتخمر (مقارنة) نتائج باستور.

تم تنمي خميرة الخبز في وسطين (أ وب) وفق الشروط والتراكيب التجريبية الموضحة في الوثيقة. كما توضح الوثيقة النتائج التي تم الحصول عليها.

مدة التجربة	24 ساعة	شهر
الشروط التجريبية	وسط هوائي+محلول غلوكوز	وسط لا هوائي+محلول غلوكوز
الغلوكوز المستهلك	0.098	45
الإيثانول المتكون	-	+ + + + + +
كتلة الخميرة المتكونة (النمو بالغرام)	0.024	0.255

1. قارن النتائج في الوسطين (أ وب).

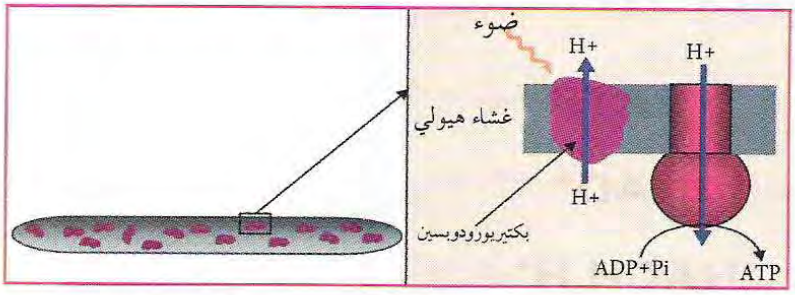
2. كيف يمكن تحديد فعالية استعمال الغلوكوز لإنتاج الطاقة ؟

3. ما هي الآلية التي يتم عن طريقها استعمال الغلوكوز لإنتاج الطاقة اللازمة للنمو ؟

4. قارن بين الآليتين إذا.

التمرين 2

تقوم إحدى أنواع البكتريا المحبة للملوحة (*Halobacterium salinarum*) بإنتاج الطاقة اللازمة لأداء وظائفها بطريقة خاصة. حيث تستطيع استعمال الطاقة الضوئية لتكوين فرق في تركيز H^+ عبر الغشاء الهيولي. كما تحتوي البكتريا على إنزيم ATP Synthase الذي يقوم بتركيب ATP انطلاق من ADP وPi عند عودة H^+. تعيش البكتريا في البرك المالحة وفي البحر الميت أين يتجاوز تركيز الملح 4مول/ل وهي لا تعيش في المياه التي تقل ملوحتها عن 3مول/ل. تنتج جزء من طاقتها دون الحاجة إلى الأكسجين ولا إلى المواد الغذائية العضوية. يحتوي غشاء هذه البكتريا على بقع أرجوانية تمثل بروتين حساس للضوء يسمى بكتريورودوبسين وهو كثير الشبه ببروتين الرودوبسين (الأرجواني الشبكي) الموجود في شبكية العين. عند استقباله لأشعة ضوئية يحدث تهيج للأحد الإلكترونات في البروتين عند عودة الإلكترون إلى مداره تستعمل الطاقة في إخراج H^+ إلى الخارج (نقل فعال).



قام الباحثان Racker وStockeneus بعزل البروتين من البكتريا وإدخاله في حويصلة غشائية بالإضافة إلى إنزيم ATP Synthase. عند إضاءة هذه الحويصلات تمكنت الحويصلة من تركيب ATP.

1. قدم رسما تخطيطيا للتجربة.

2. ما هو الدور الذي يقوم به البروتين عند مقارنة العملية بما يحدث في الميتوكوندري ؟

3. هل تثبت هذه التجربة نظرية ميتشل ؟ علل.

4. لماذا لاتحتاج هذه العملية إلى O_2 ؟ علل.

5. هل تشبه هذه العملية التخمر ؟ علل.

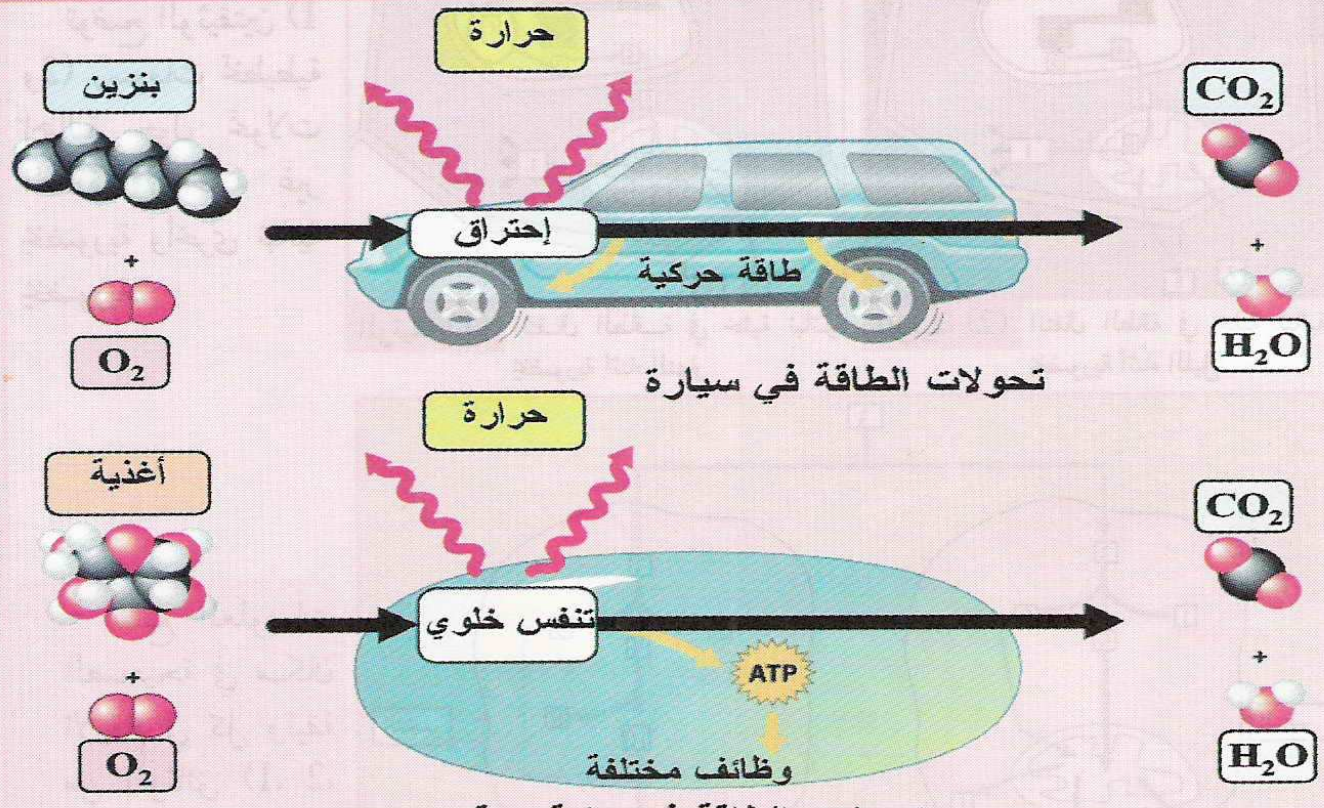
الوحدة 3

تحويل الطاقة على المستوى ما فوق البنية الخلوية

نشاهد يوميا صور مختلفة للطاقة وصورا مختلفة لتحولاتها مثل مايحدث في السيارة أو العربات التي نركبها. حيث تقوم السيارة باستعمال البنزين لإنتاج الطاقة اللازمة لتحريك العجلات.

تمتاز جميع الخلايا الحية بقدرتها على استعمال وتحويل الطاقة عن طريق التنفس الخلوي، حيث تقوم بأكسدة الأغذية المختلفة وتستعمل الطاقة الناتجة منها في أداء وظائف مختلفة بالإضافة إلى المحافظة على حرارتها.

➢ فكيف يمكن للخلية استعمال ATP ؟ وما هي الوظائف التي تتطلب استعمال ATP ؟



تحولات الطاقة في سيارة

تحولات الطاقة في خلية حية

عناصر الوحدة

- التحولات الطاقوية على المستوى الخلوي

النشاط

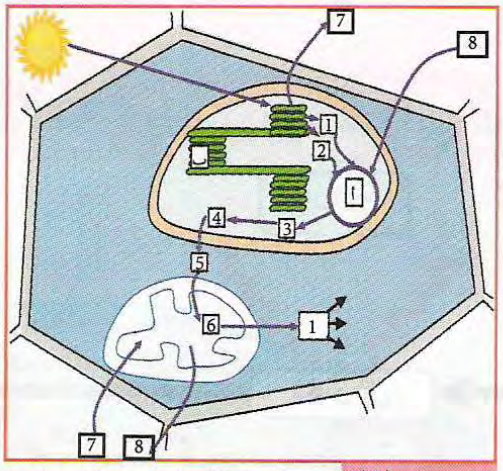
التحولات الطاقوية على المستوى الخلوي

تحتاج الكائنات الحية إلى إمداد مستمر من المواد وبالطاقة لأداء مختلف الوظائف الحيوية والمحافظة على حياتها. تتكون الكائنات العليا (نباتية أو حيوانية) من خلايا مقسمة إلى حجرات (هيولى، ميتوكوندري، صانعات خضراء...) تحدث فيها تحولات للمادة والطاقة تختلف حسب نوع الخلية وشروط الوسط.

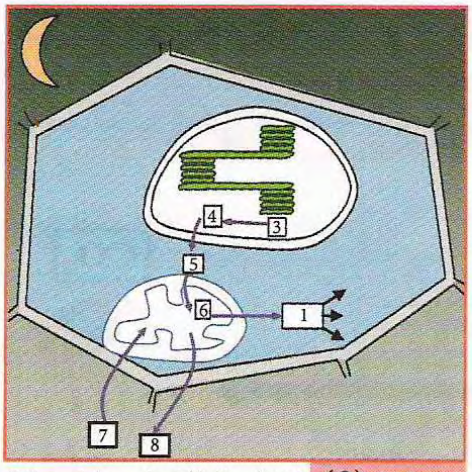
- فما هي صور المواد والطاقة التي تدخل وتخرج إلى الخلية الحية والتحولات الطاقوية المصاحبة لها ؟
- ما هي صورة الطاقة اللازمة لأداء الوظائف الحيوية وأنواع الوظائف التي تتطلب الطاقة ؟

❶ إنتاج الطاقة وتحويلها إلى طاقة قابلة للاستعمال

توضح الوثيقتين (1 و2) رسومات تخطيطية إجمالية حول تحولات الطاقة في خلية غير يخضورية وأخرى نباتية يخضورية.

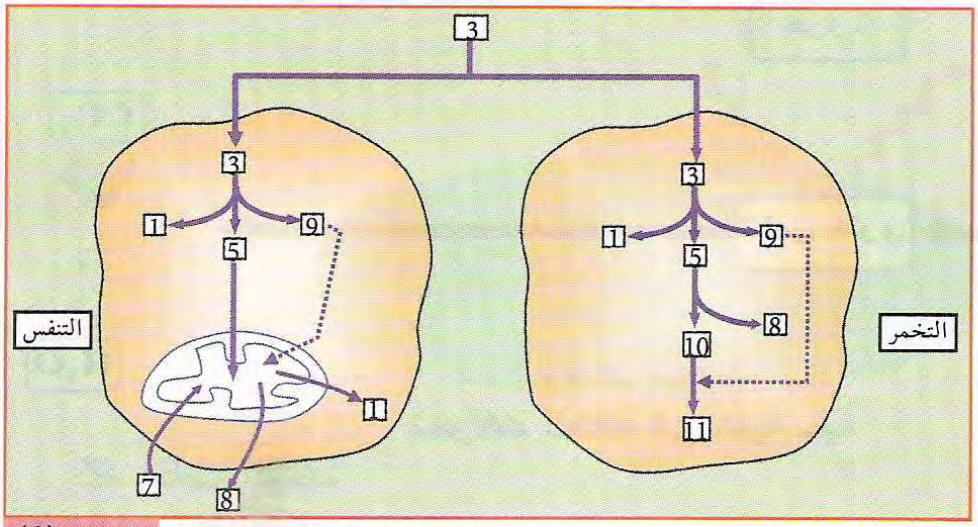


الوثيقة (1) انتقال الطاقة في خلية نباتية يخضورية أثناء النهار



الوثيقة (2) انتقال الطاقة في خلية نباتية يخضورية أثناء الليل

- ضع المعلومات الصحيحة في مكان الأرقام في كل وثيقة من الوثائق (1، 2، 3).

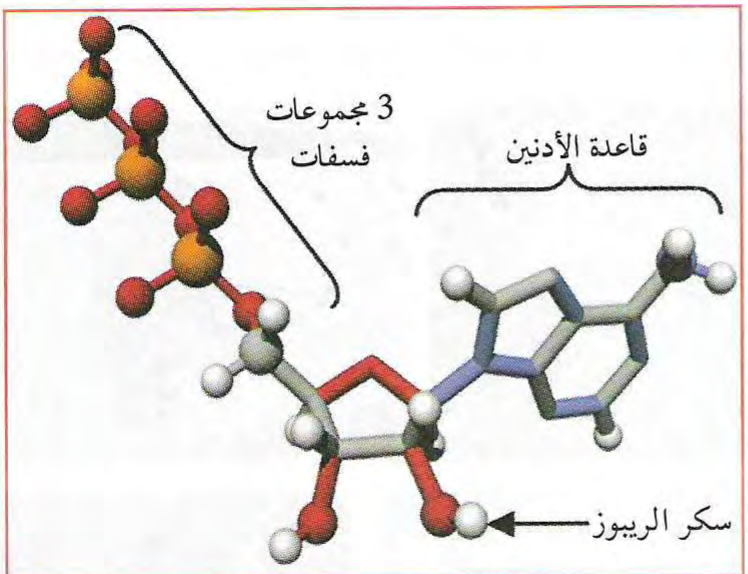


الوثيقة (3) انتقال الطاقة في خلية غير يخضورية

❷ مصدر الطاقة القابلة للاستعمال الـ ATP

يعتبر الأدينوزين ثلاثي الفسفات ATP مركب غني بالطاقة نظرا لاحتواءه على رابطتين غنيتين بالطاقة. عند إماهة إحدى الرابطتين يمكن تحرير طاقة تستعمل في العديد من الوظائف التي تقوم بها الخلية.

تؤدي تحولات الطاقة في عملية التركيب الضوئي والتنفس في النهاية إلى إنتاج صورا من الطاقة قابلة للإستعمال والمتمثلة أساسا في جزيئات ATP. وقد مرت بنا في الوحدات السابقة حالات مختلفة يتم فيها استعمال الطاقة لأداء الوظائف المختلفة. فما هي هذه الوظائف التي تحتاج إلى ATP ؟

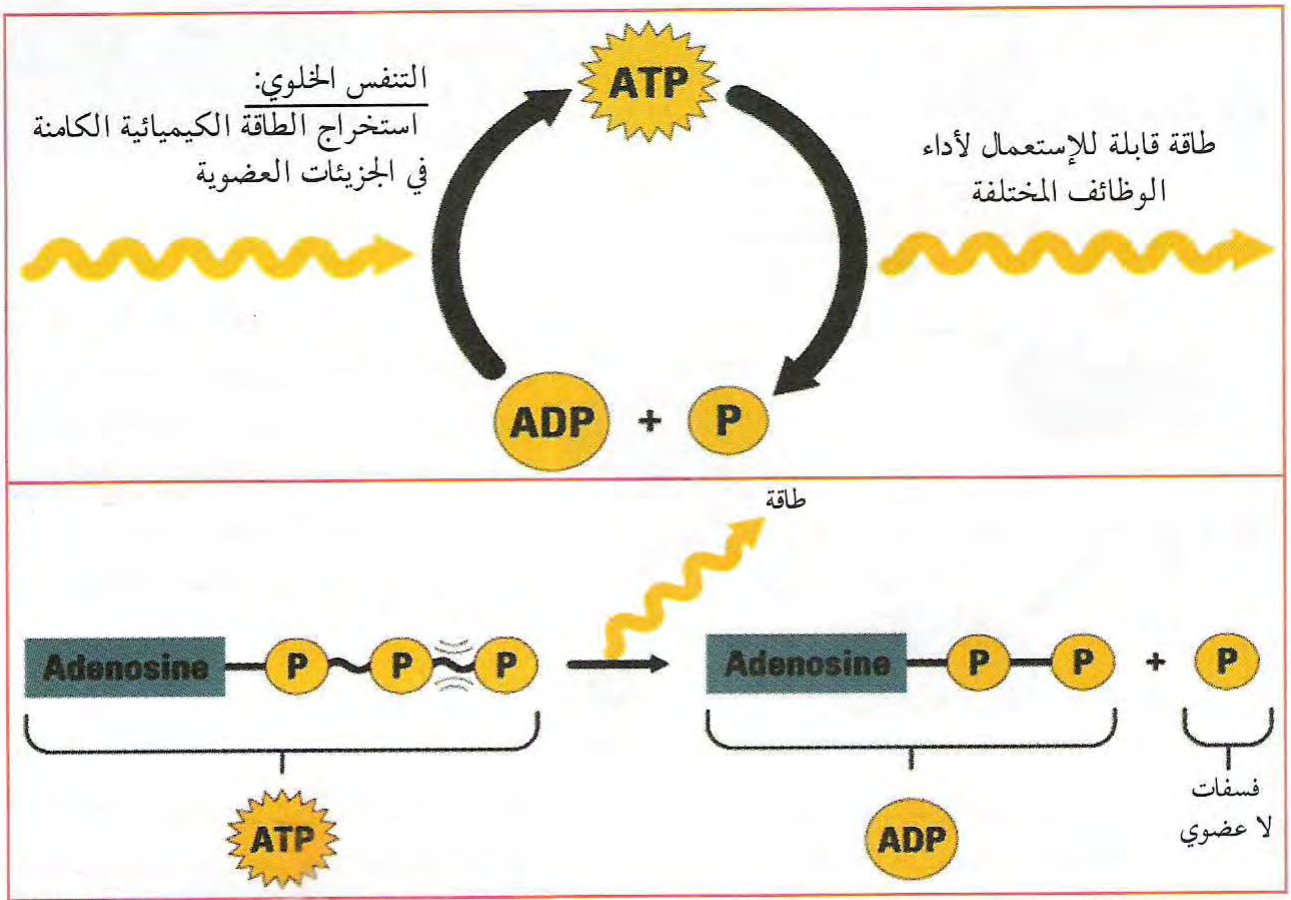


جزيئة الأدينوزين ثلاثي الفسفات

Adenosine Tri Phosphate (ATP)

الوثيقة (4)

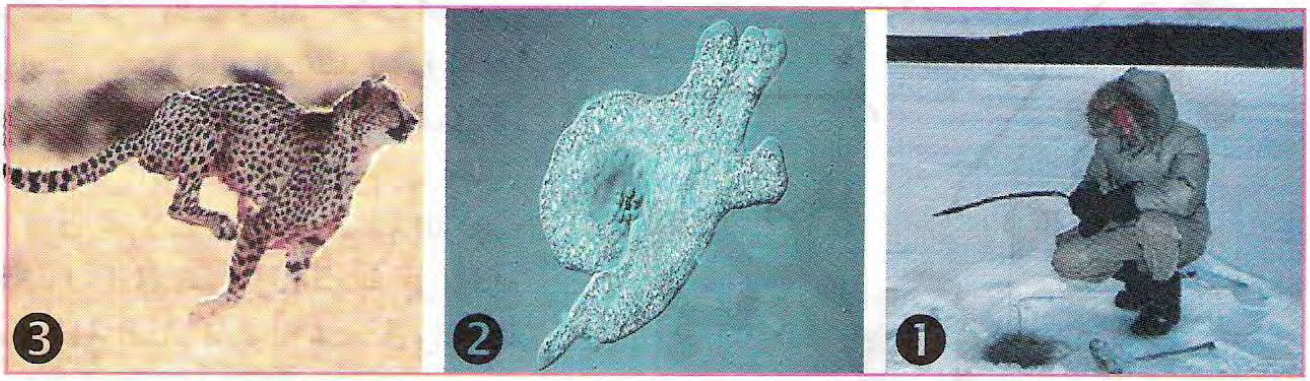
أ) جزيئة ATP:

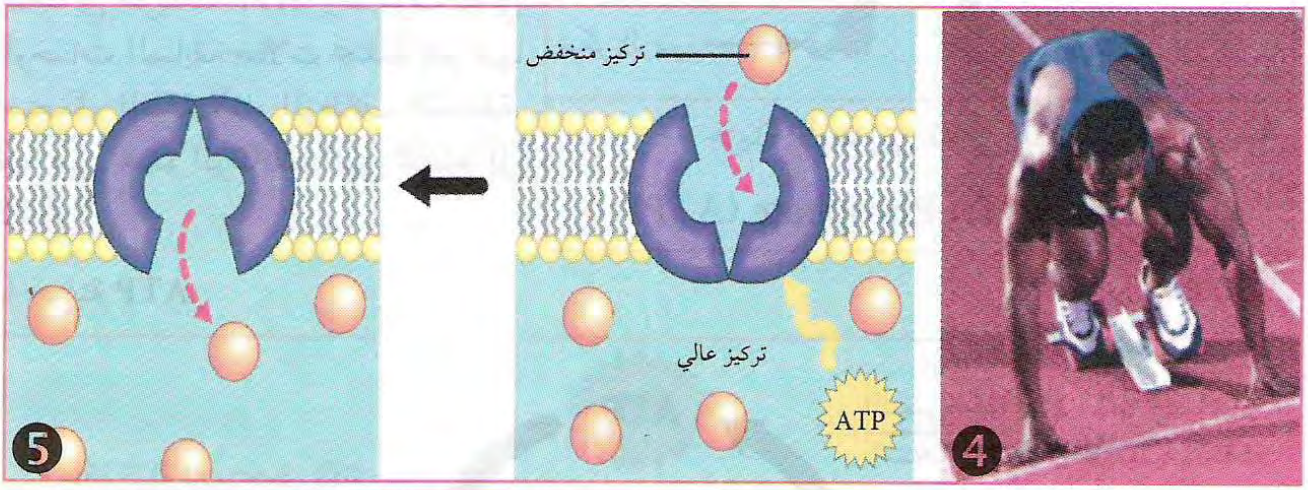


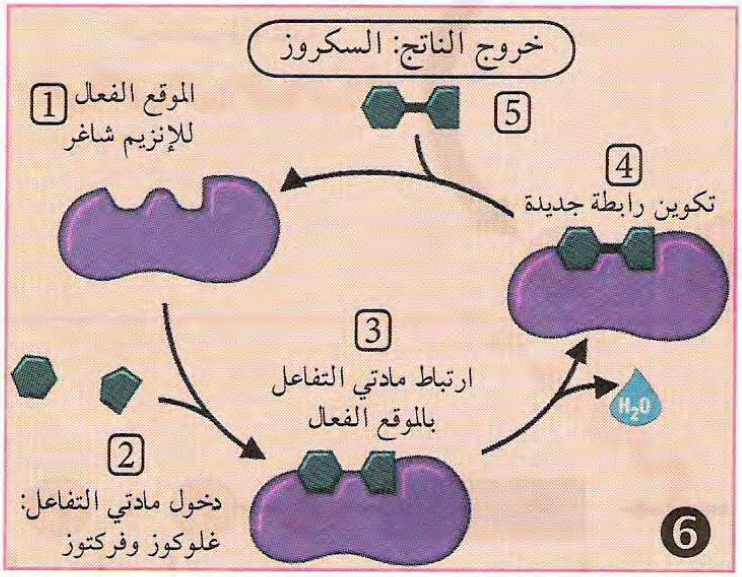
الوثيقة (5) إماهة الـ ATP مصدر للطاقة اللازمة للنشاطات

ب) بعض استعمالات الـ ATP:

توضح صور ورسومات الوثيقة التالية أمثلة عن وظائف يتم فيها استعمال الطاقة:







استغلال الوثائق:

1. صنف الصور والأشكال التالية إلى مجموعات حسب نوع الوظيفة التي تحتاج إلى الطاقة.
2. ما هي هذه الوظائف ؟ ما هي تحولات الطاقة التي تمت في كل حالة ؟

* انطلاقا مما توصلت إليه في هذا النشاط ومعارفك السابقة حول تحولات الطاقة في التركيب الضوئي والتنفس والتخمر، انجز رسما تخطيطيا إجماليا توضح فيه تحولات ومختلف استعمالات الطاقة.

الحصيلة المعرفية

تحتاج الكائنات الحية إلى إمداد مستمر من المواد ومن بالطاقة لأداء مختلف الوظائف الحيوية والمحافظة على حياتها. تتكون الكائنات العليا (نباتية أو حيوانية) من خلايا مقسمة إلى حجرات مختلفة (هيولى، ميتوكوندري، صانعات خضراء) تحدث فيها تحولات للمادة والطاقة تختلف حسب نوع الخلية وشروط الوسط.

ففي الخلايا النباتية اليخضورية أثناء النهار تقوم الخلية بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في صورة جزيئات عضوية أثناء عملية التركيب الضوئي التي تتم في الصانعة الخضراء. كما تقوم كذلك بتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة إلى طاقة قابلة للإستعمال في صورة جزيئات ATP خلال عملية التنفس الخلوي التي تتم في الميتوكوندري. أثناء الليل تتوقف عملية التركيب الضوئي وتحصل الخلية النباتية على طاقتها من عملية التنفس الخلوي.

تمتاز الخلايا غير اليخضورية (حيوانية، فطريات، بكتريا...) بقدرتها على تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية (سكريات، دسم، بروتينات) إلى طاقة قابلة للإستعمال خلال عملية التنفس الخلوي في الظروف الهوائية. بعض أنواع الخلايا تستطيع إنتاج الطاقة القابلة للإستعمال دون استعمال الأكسجين عن طريق آلية أخرى تعرف بالتخمر.

تستعمل الخلايا الحية جزيئات ATP في أداء الوظائف المختلفة أهمها:

الحركة: حيث تصرف جزء من الطاقة لأنواع مختلفة من الحركة مثل تقلص العضلات وحركة الأسواط وحركة الصبغيات وغيرها....

البناء: تحتاج الخلايا الحية لبناء العديد من المركبات الكبيرة انطلاقا من جزيئات بسيطة وتصرف لذلك طاقة لتكوين الروابط الجديدة مثل بناء البروتين وبناء السكريات الثنائية والمتعددة وغيرها.

النقل الفعال: تحتاج الخلايا الحية إلى المحافظة على فرق في تركيز العديد من الأيونات والمواد عبر الغشاء ولهذا الغرض تصرف طاقة لنقل المواد عكس تدرج التركيز مثل مايحدث في أغشية الألياف العصبية للمحافظة على ظاهرة الإستقطاب (كمون الراحة).

المحافظة على الحرارة: تحتاج الخلايا والكائنات الحية للمحافظة على درجة حرارة ثابتة ضرورية لعمل الإنزيمات والتفاعلات المختلفة وهي لهذا تصرف طاقة لغرض إنتاج الحرارة إذا كان الوسط باردا أو تصرف طاقة للتبريد إذا كان الوسط حارا.

لا يمكن للحياة أن تستمر دون الإمداد المستمر من الطاقة والقدرة على تحويل الطاقة من صورة لأخرى بشكل مستمر.

أختبر مكتسباتي المعرفية

التمرين 1

قدم تعريفا للمصطلحات التالية:

ATP، طاقة كيميائية كامنة، طاقة قابلة للاستعمال، تدرج التركيز.

التمرين 2

قارن بين:

1. خلية نباتية يخضورية وغير يخضورية.
2. التخمر والتنفس
3. ATP وADP

التمرين 3

صحح العبارات التالية:

1. تقوم الخلية النباتية اليخضورية أثناء النهار لعملية التركيب الضوئي فقط.
2. تتم ظاهرة التنفس فقط عند الخلايا غير اليخضورية.
3. يتم صرف الطاقة لغرض بناء المركبات العضوية الكبيرة.
4. تحلل ATP يؤدي إلى توفر طاقة كبيرة.

التمرين 4

علل:

1. كيفية المحافظة على حرارة الجسم.
2. الحاجة إلى ATP في الخلايا العصبية.
3. احتياج الطاقة أثناء الاستناخ والترجمة عند تركيب البروتين.

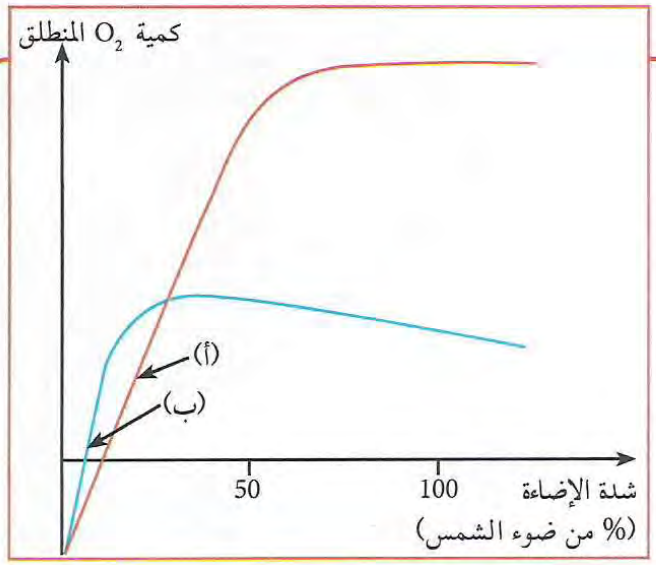
بحث

أنجز بحثا باستغلال شبكة الأنترنيت تربط فيه العلاقة بين: نوع الغذاء الذي يتناوله الإنسان، وزن الجسم، النشاط اليومي العادي، والرياضة.

- ماذا يحدث عند وجود خلل في هذه العلاقة والأضرار التي تنجم عن ذلك ؟
- قدم نصائح عملية للمحافظة على صحة جيدة ووزن مناسب للجسم.

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1



تسمى بعض النباتات بنباتات الشمس مثل الطماطم وعباد الشمس وهي كمعظم النباتات الزراعية لا تنمو بصورة جيدة إلا إذا كانت معرضة لضوء الشمس مباشرة. بينما تسمى بعض النباتات التي تعيش تحت أشجار الغابة بفضل جزء من ضوء الشمس الذي يصل إليها بعد مروره على أوراق وأغصان الشجرة التي تعيش تحتها، تعرف هذه النباتات بنباتات الظل. يوضح منحنى الوثيقة المقابلة كمية الأكسجين المنطلق لنبات من كل فئة معرضة لإضاءة بشدة متباينة. يطلق على النقطتين (أ وب) بنقطة التعويض.

1. ماذا تمثل هذين النقطتين ؟

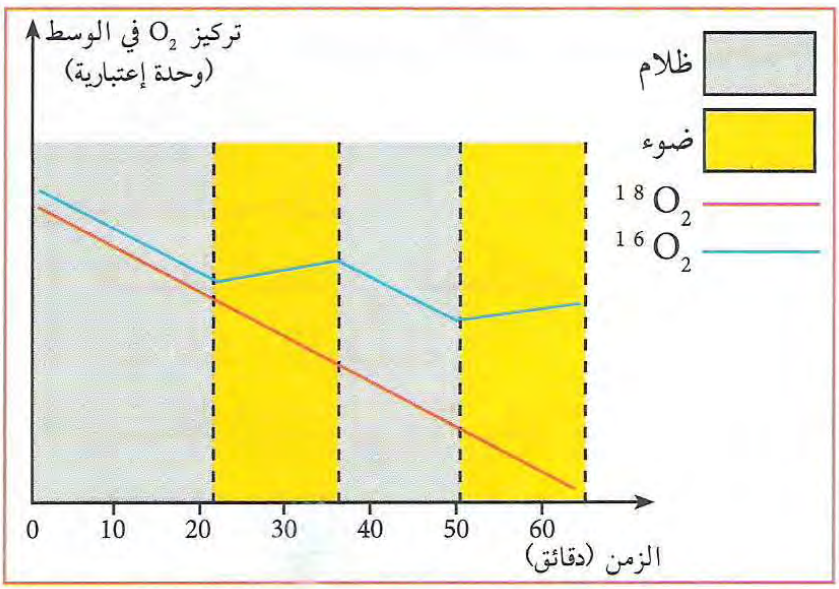
2. إلى أي صنف من النبات يعود كل من المنحنيين (أ وب) ؟

3. حدد في أي شدة ضوئية يصل التركيب الضوئي إلى شدته القصوى في الحالتين، مع العلم أن شدة التركيب الضوئي تقاس بكمية الأكسجين المنطلق.

4. علل وجود بعض أجزاء المنحنيين تحت مستوى الصفر.

التمرين 2

تمت زراعة أشنة خضراء أحادية الخلية (الكلوريلا) في وسط غذائي به ماء عادي $H_2{}^{16}O$. يتم إمداد الوسط بغاز أكسجين به خليط من الأكسجين العادي $^{16}O_2$ والمشع $^{18}O_2$. في بداية التجربة (ز=0 دقيقة) نتوقف عن إمداد الوسط بخليط الغاز العادي والمشع). يتم قياس تركيز الأكسجين العادي والمشع خلال التجربة. النتائج المتحصل عليها موضحة في الوثيقة.



1. حلل المنحنى. ماذا تستنتج ؟

2. فسر تغيرات كمية الأكسجين المشع والعادي بالإعتماد على معارفك السابقة حول عمليتي التركيب الضوئي والتنفس.

المجال 3

التكتونـــ

تعبر الظواهر الطبيعية الملاحظة على سطح الكرة الأرضية (البراكين، الزلازل، الحمامات المعدنية...) عن النشاط المستمر لباطن الأرض وتسرب الطاقة الداخلية الكامنة نحو الخارج.

- فيما يتمثل النشاط الداخلي للأرض على مستوى القشرة الخارجية ؟

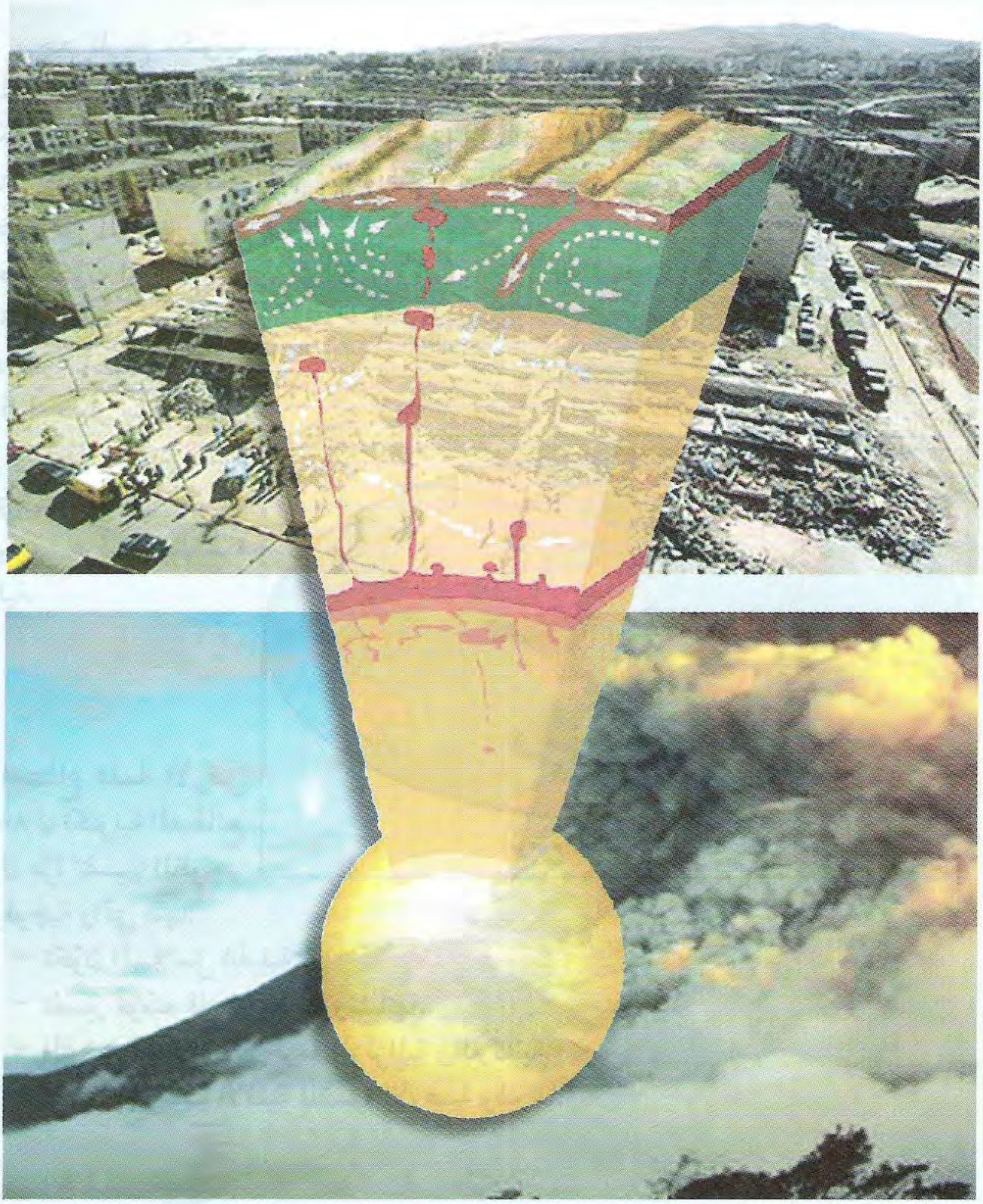
- هل يمكن من خلال دراسة آثار هذا النشاط التعرف على البنية الداخلية ؟

- ما هي الظواهر الجيولوجية الناشئة عن هذا النشاط؟

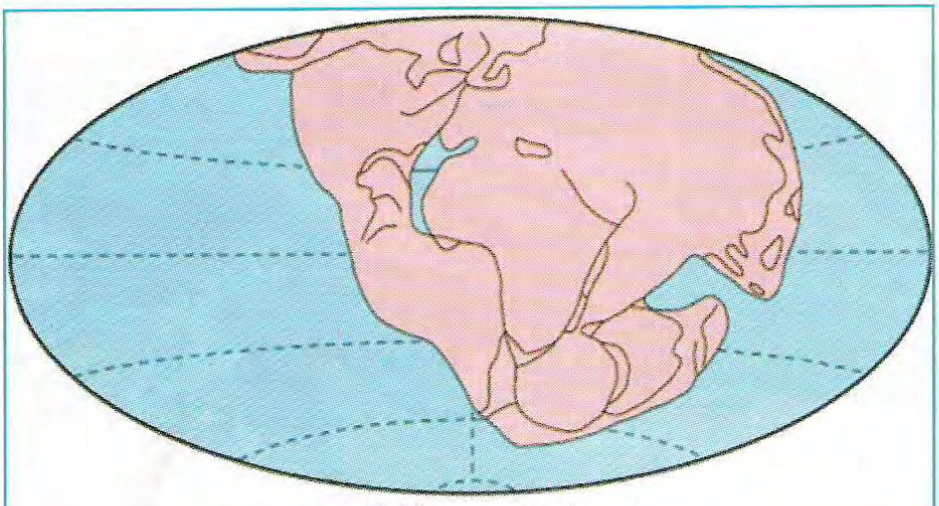
وحدات المجال:

1. النشاط التكتوني للصفائح.
2. بنية الكرة الأرضية.
3. النشاط التكتوني والبنيات الجيولوجية المرتبطة به.

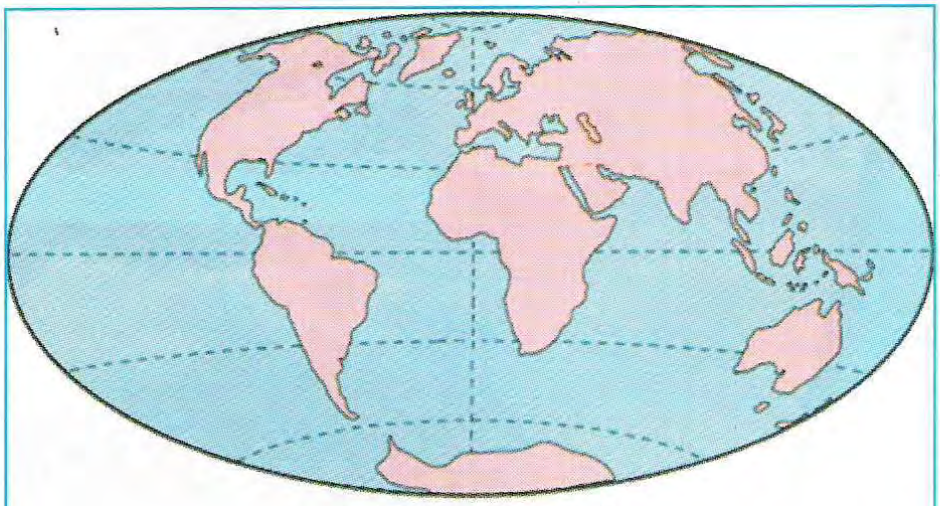
ـــــبـــة العـــامـــة



تكتونية الصفائح



وضع القارات منذ 240 م س



الوضع الحالي للقارات

يرجع تاريخ تكتونية الصفائح إلى المراحل الأولى لتشكّل الكـرة الأرضية، فعنـد انفصال كـوكب الأرض عن الشمس أثناء مراحل تكوّنه المبكّرة، كان عبارة عن كرة ملتهبة، بدأ يتبرد تدريجيا منذ ما يقرب من 4.5 مليار سنة، لتظهر على إثر ذلك أقدم قشرة والـتي تتمثـل في صخـر الغابـرو عرفت بالقشرة الأوّلية.

استطاع علماء الأرض من خلال تكتونية الصفائح ولأول مرّة تفسير الظواهر الجيولوجية والتي منها:

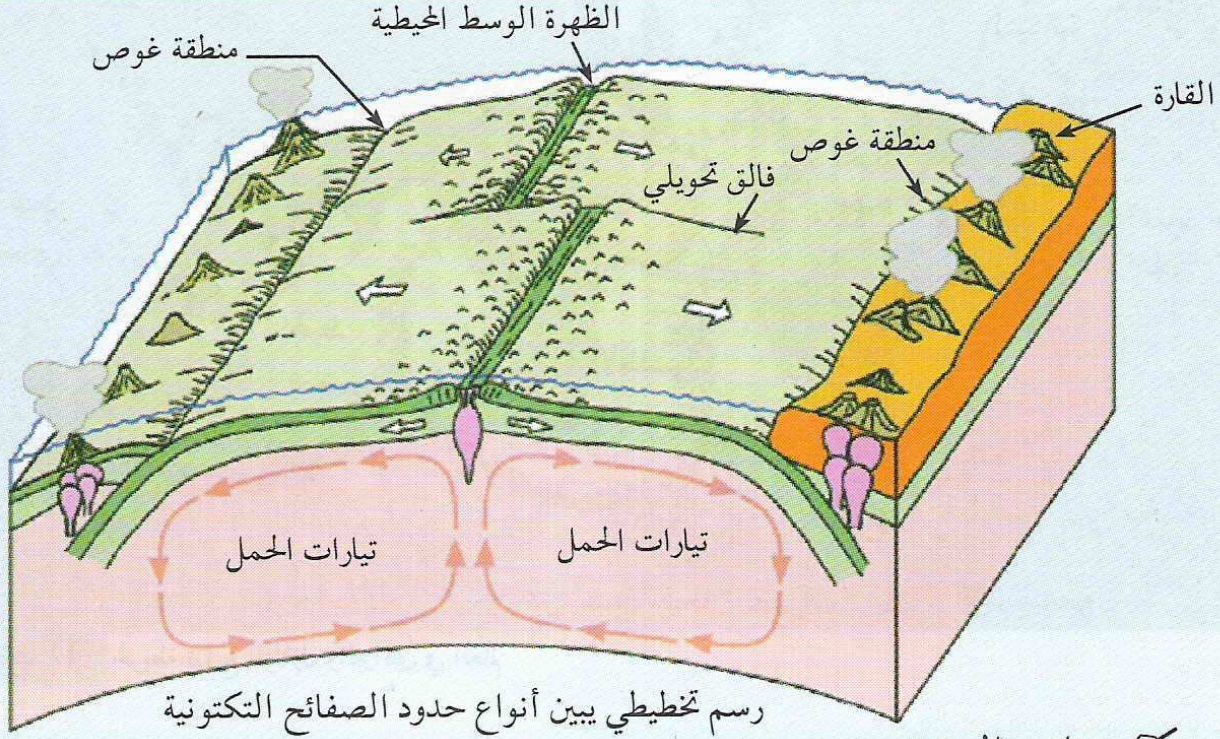
- تكوّن السلاسل الجبلية.
- تفسير توسّع قاع المحيطات ونشأتها.
- التوزيع الجغرافي للأحزمة الزلزالية والبركانية.
- تفسير الحركات الأفقية للقشرة الأرضية وغيرها.

الوحدة 1

النشاط التكتوني للصفائح

إنّ الصفائح التكتونية عبارة عن قطع من القشرة الأرضية لا يتعدى سمكها مئات الكيلومترات. تنقسم القشرة الأرضية إلى عشرات الألواح الصلبة التي تكون في حركة دائمة، والتي نادرا ما تنطبق حدودها مع حدود القارات والمحيطات، حيث تتوافق حدود الصفائح مع المناطق الهشة للقشرة الأرضية.

- فما هي حدود الصفائح التكتونية ؟ وما هي العلامات الظاهرة على سطح الأرض والدالة على حركة الصفائح التكتونية ؟
- ما هي العوامل والآليات التي تتدخل في حركتها ؟



رسم تخطيطي يبين أنواع حدود الصفائح التكتونية

عناصر الوحدة

1. تحديد الصفائح التكتونية.
2. حركات الصفائح التكتونية.
3. الطاقة الداخلية للكرة الأرضية.

النشاط 1

تحديد الصفائح التكتونية

تنتشر المراكز السطحية للزلازل والبراكين في مناطق خاصة من العالم، تتمثل في تضاريس قيعان المحيطات (كالظهرات والخنادق)، ومناطق نشأة السلاسل الجبلية الحديثة.

➢ هل لهذه التضاريس علاقة بحدود الصفائح التكتونية ؟ وما هي هذه العلاقة ؟

للتعرف على ذلك ننجز الدراسة التالية:

❶ توزيع الزلازل والبراكين في العالم

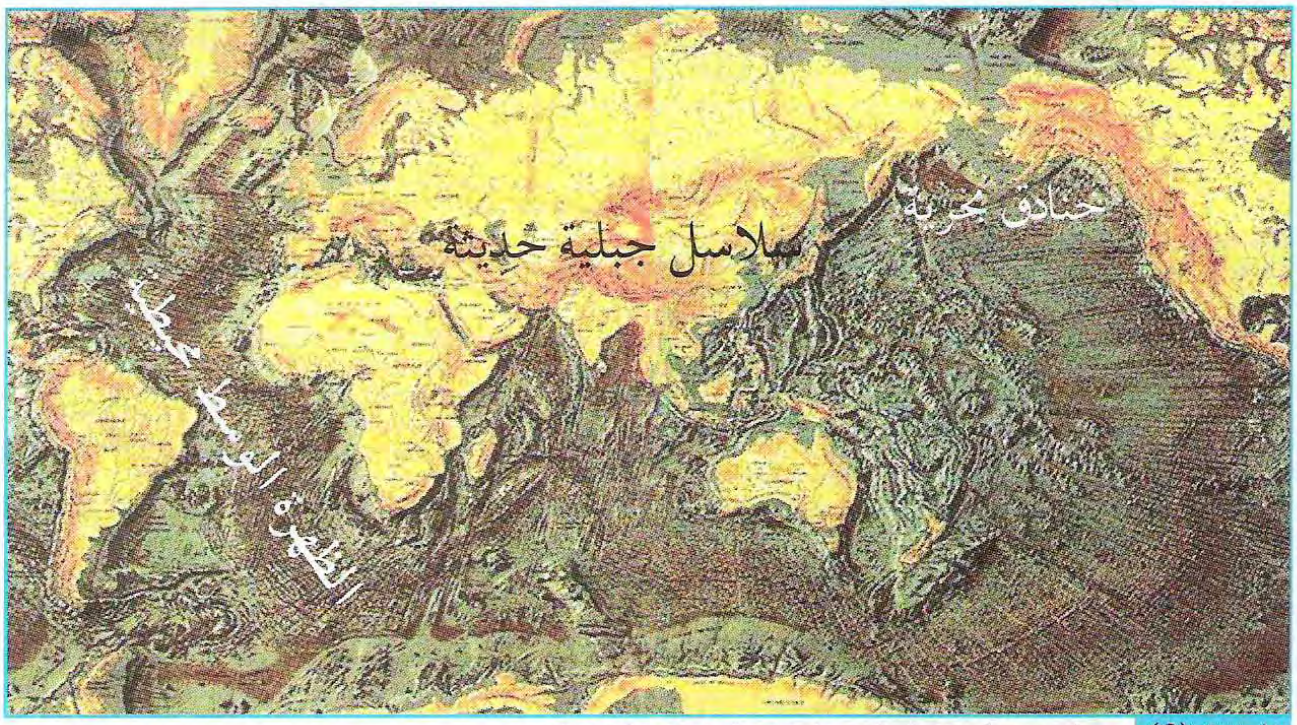
تظهر على الخريطة نقاط زرقاء تمثل المراكز السطحية لزلازل ضربت في مناطق مختلفة من العالم خلال السنوات العشرة الأخيرة، ونقاط حمراء تدل على نشاط بركاني.

الوثيقة (1) خريطة توزيع الزلازل والبراكين في العالم

1. انقل الخريطة على ورق شفاف، ثمّ صل بين مختلف نقاط المراكز السطحية للزلازل (باللون الأزرق) وبين مختلف نقاط فوهات البراكين (باللون الأحمر).
2. إذاعلمت أن حدود الصفائح عبارة عن مناطق هشة من الكرة الأرضية، فماذا تستخلص ؟

❷ توزيع تضاريس قاع المحيطات والسلاسل الجبلية الحديثة في العالم

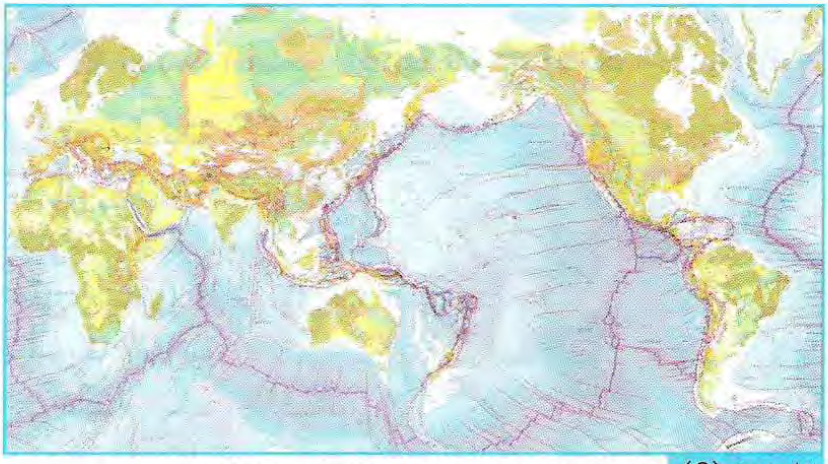
تقسّم مختلف المحيطات تراكيب جيولوجية مميزة كأظهر وسط المحيطات (وهي عبارة عن تضاريس متطاولة تقسمها خطوط عمودية)، أو الخنادق. تظهر السلاسل الجبلية الحديثة على شكل أحزمة (اللون الأحمر في الخريطة) كما هو مبين في الخريطة المقابلة.



الوثيقة (2) خريطة توزيع أعماق المحيطات، الخنادق والسلاسل الجبلية الحديثة

استغلال الوثائق:

1. قارن بين أماكن توزيع البراكين والظهرات من جهة وأماكن توزيع البراكين والخنادق من جهة أخرى. ماذا تستخلص ؟



الوثيقة (3) خريطة جغرافية صماء لتوزيع القارات والمحيطات

- قارن بين أماكن توزيع الزلازل والخنادق من جهة وأماكن توزيع الزلازل والسلاسل الجبلية الحديثة من جهة أخرى. ماذا تستخلص ؟

2. انطلاقا من المعلومات السابقة، عيّن على الخريطة الجغرافية للوثيقة (3) حدود أهم الصفائح التكتونية المكوِّنة للقشرة الأرضية.

3. تصنّف الصفائح حسب توزعها (في القارة والمحيط)، استخلص أنواع الصفائح اعتمادا على خريطة الوثيقة (3) ؟

4. تعتبر الصفائح التكتونية مناطق غير نشطة، علل ذلك ؟

النشاط 2

حركات الصفائح التكتونية

تتوسع القشرة الأرضية على مستوى الظهرات وتتقلص على مستوى مناطق الهدم.

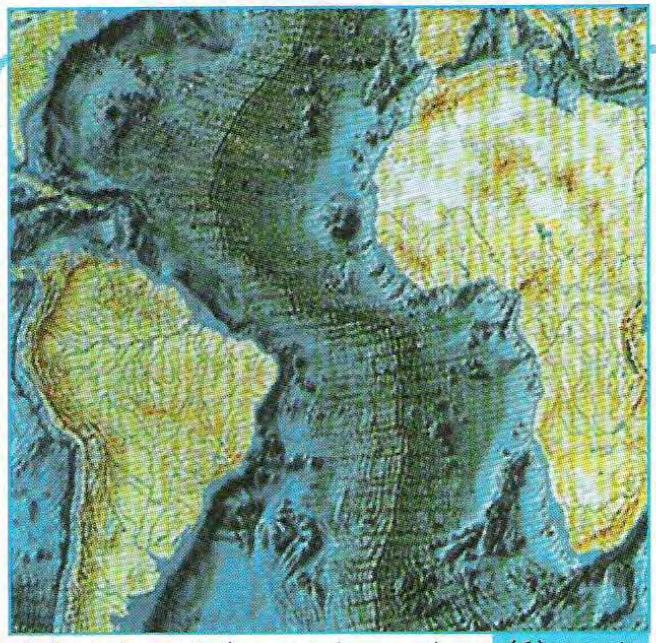
كيف يمكن تفسير ذلك ؟ ما هي الأدلة العلمية على ذلك ؟ وما هي عواقبه على مستوى الكرة الأرضية ؟

I) حركات التباعد:

لتفسير توسع القشرة الأرضية على مستوى الظهرات نستعرض الدراسة التالية:

❶ تضاريس قاع المحيط الأطلسي

تبين الوثيقة (1) تراكيب جيولوجية موازية لحدود القارات اتجاهها شمال-جنوب تقسم المحيط الأطلسي إلى نصفين. إنها الظهرة وسط محيطية.



الوثيقة (1) خريطة تبين التراكيب الجيولوجية لقاع المحيط الأطلسي

استغلال الوثيقة:

1. انقل على ورق شفاف خريطة إفريقيا وخريطة أمريكا الجنوبية.
2. طابق بين الحدود الغربية لإفريقيا والحدود الشرقية لأمريكا الجنوبية.

❷ مضاهاة الصخور القديمة لقارتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا

تبين الوثيقة (2) إنتشار الأراضي القديمة التي يفوق عمرها 250 مليون سنة على مستوى قارتي إفريقيا وأمريكا الجنوبية.

- ضاه بين الصخور القديمة في كل من إفريقيا وأمريكا الجنوبية، ماذا يمكن استخلاصه من هذه المضاهات.

الوثيقة (2) موقع الأراضي القديمة على قارتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا

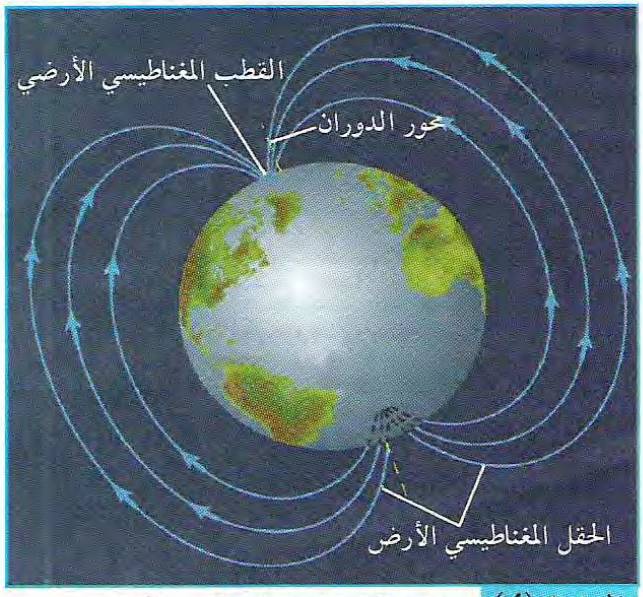
❸ دراسة مغنطة صخور القشرة المحيطية

أ) دراسة المغنطة الأرضية:

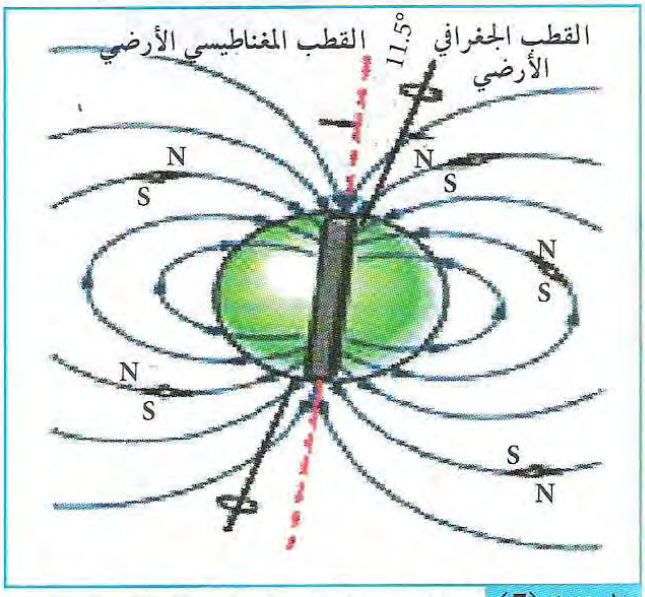
- تحتوي الحمم البازلتية على عدد كبير من المعادن الحديدية - المغنيزية (مثل المغنيتيت (Fe_3O_4) الذي يأخذ شكلا إبريًا) والتي لها خاصية المغنطة عندما تنخفض درجة حرارتها إلى أقل من 578°م (نقطة Curie). يحافظ هذا الصخر على مغنطته (التي تدعى بـ thérmorémanente) إذا لم يتعرض لتسخين عال. وبالتالي يمكن استعماله «كبوصلة مستحاثية» لتحديد اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي القديم في الفترة التي تشكل فيها، وذلك باستعمال جهاز حساس يدعى(magnétomètre).

- يتولد عن الكرة الأرضية حقل مغناطيسي ناتج عن دورانها حول نفسها، وحركة مادة النواة الأرضية المكوّنة أساسا من النيكل والحديد من جهة ثانية، فتأخذ الأرض حينئذ سلوك قضيب مغناطيسي كبير.

الوثيقة (3) جهاز قياس المغنطة القديمة للصخور



الوثيقة (4) كيفية تشكل الحقل المغناطيسي الأرضي



الوثيقة (5) العلاقة بين القطب الجغرافي والقطب المغناطيسي

⊂ استغلال الوثائق:

1. باستغلال معطيات النص والوثيقتين (3) و(4) وضح سبب:
   - استعمال معدن المغنيتيت لتحديد المغناطيسية الأرضية.
   - ظهور حقل مغناطيسي حول الأرض.
2. هل تنطبق الأقطاب المغناطيسية الأرضية مع الأقطاب الجغرافية الحالية ؟

معلومات مفيدة

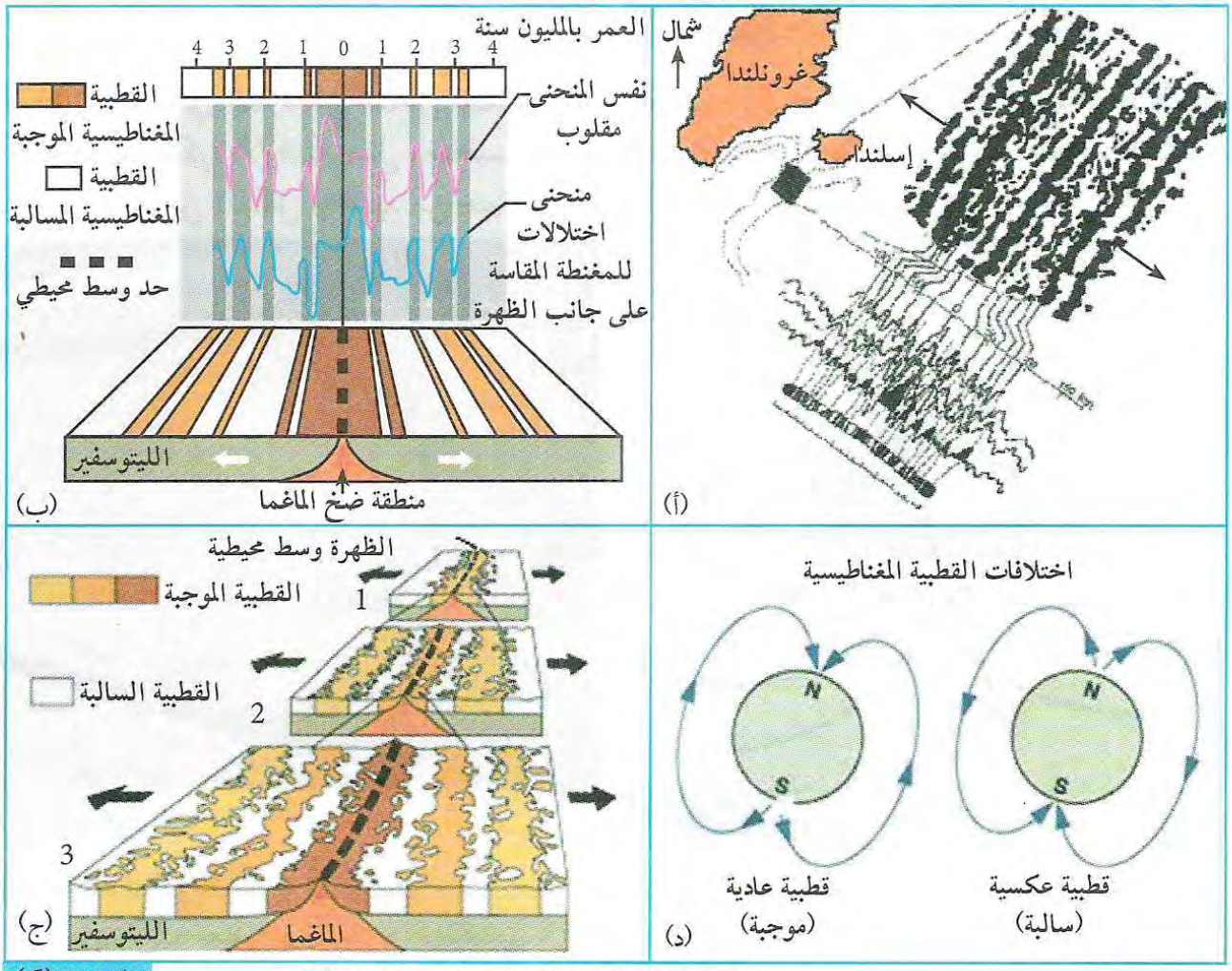
- **Magnétomètre**: جهاز حساس يستعمل لقياس المغنطة القديمة للصخور.
- **نقطة Curie**: درجة اكتساب مادة معينة لمغنطتها عند تبردها، حيث تأخذ هذه المادة اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي لتلك الفترة.
- القطبية الموجبة: مسار الحقل المغناطيسي الأرضي من الجنوب نحو الشمال.
- القطبية السالبة: مسار الحقل المغناطيسي الأرضي من الشمال نحو الجنوب.

ب) مغنطة قاع المحيطات:

تم قياس مغنطة منطقة من قاع المحيط الأطلسي الشمالي (الظهرة وسط محيطية) تقع جنوب إسلندا الوثيقة (6-أ) وذلك عن طريق المسح باستعمال جهاز يسحب بواسطة الطائرات أو البواخر مما يسمح بتحدد الاختلالات المغناطيسية (الموجبة أو السالبة) لصخور القشرة المحيطية.

تحصلنا على المنحنى المبين على الوثيقة (6-ب) (باللون الأزرق) والذي تمت مقارنته بالمنحنى المقلوب (باللون الأحمر).

تمثل الوثيقة (6-ج) رسما تخطيطيا لتوزيع الأحزمة الممغنطة التي تم قياسها على جانبي الظهرة وسط محيطية، وتمثل الوثيقة (6-د) الاختلالات المغناطيسية التي تسمح بظهور هذه الأحزمة الممغنطة.



قياس المغنطة القديمة للقشرة المحيطية لمنطقة من المحيط الأطلسي وتفسيراتها **الوثيقة (6)**

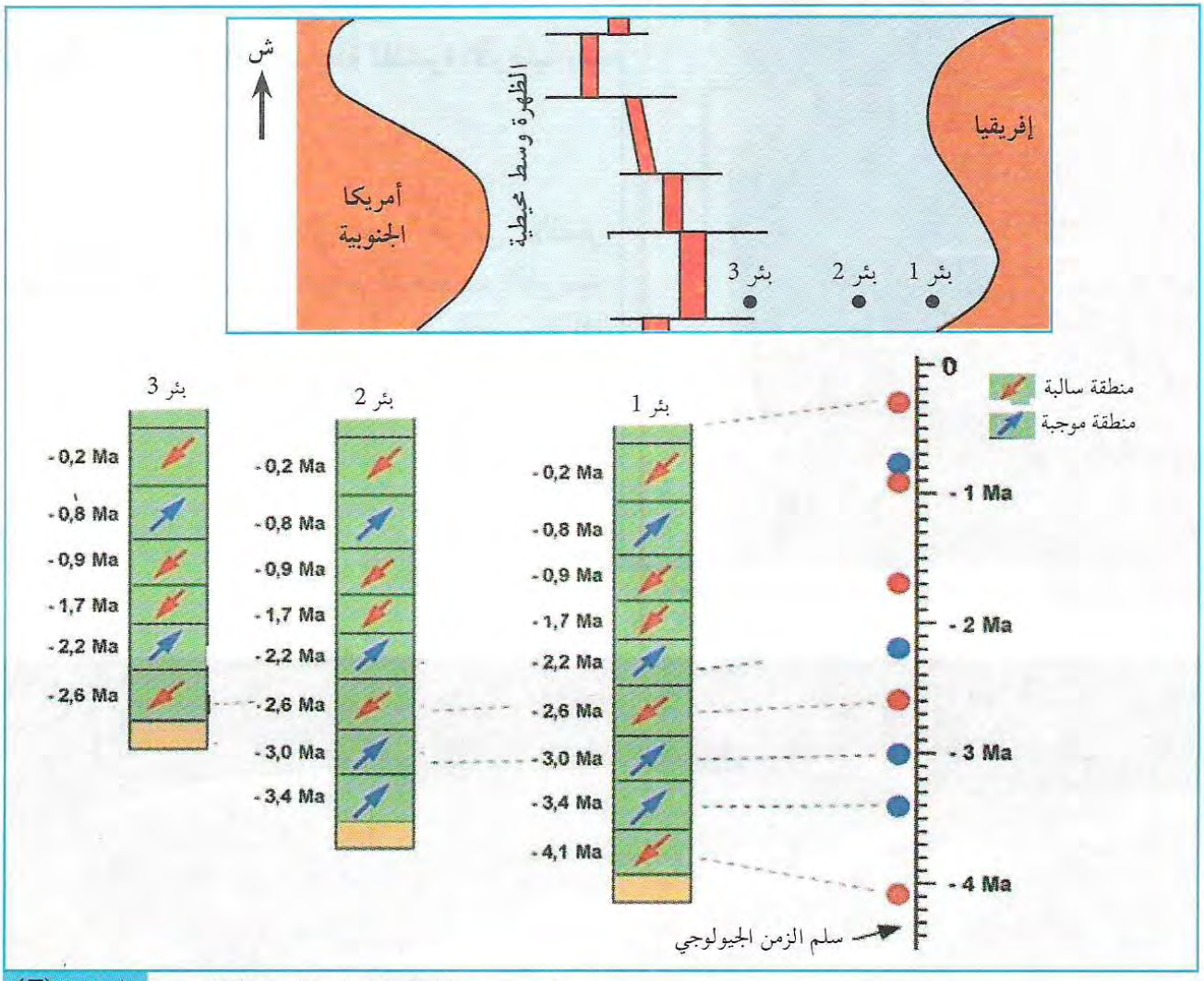
استغلال الوثائق:

1. ما هي المعلومات المستخلصة من مقارنة منحنيي الوثيقة (6-ب) فيما يخص تغيرات المغنطة على جانبي الظهرة ؟
2. اعتمادا على الوثيقتين (6-ب، ج)، قارن بين انتشار المغنطة وعمر الصخور على جانبي الظهرة.
3. قدِّم تفسيرا لكيفية تشكل قاع المحيط الأطلسي باستغلال معطيات الوثيقة (6).

ج) تحديد عمر الصخور الرسوبية المكونة لقاع المحيطات:

مكّن حفر آبار محيطية (Forages océaniques) في مناطق مختلفة من المحيط، من تحديد عمر الصخور المكوِّنة لقاع المحيطات بدقة، ووضع خرائط لتوزع هذه الصخور.

بيّن حفر ثلاثة آبار في قاع المحيط الأطلسي أنّ هذه الأخيرة تتكون من طبقات رسوبية، قُدِّر عمرها اعتمادا على المستحاثات المتواجدة بها، وعن طريق قياس اتجاه مغنطتها.



الوثيقة (7) مضاهات بين ثلاثة آبار في المحيط الأطلسي

استغلال الوثائق:

1. ضاه بين الآبار الثلاثة بالاعتماد على عمر الرسوبيات واتجاه المغنطة، ثمّ استنتج شكل حوض الترسيب.
2. ما هي العلاقة الموجودة بين تغير المغنطة شاقوليا وعمر الرسوبيات.
3. فسر غياب الطبقات السفلى في البئرين (2 و3).

* إستخلص إذا نتيجة حول آلية زحزحة القارات والتوسع المحيطي مبرزا الأدلة على حدوث ذلك.

II) حركات التقارب:

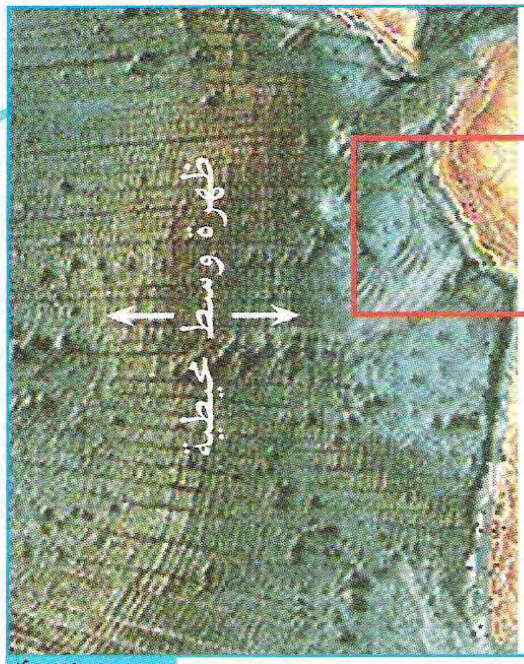
إن التجدد المستمر لقشرة الكرة الأضية على مستوى الظهرات يطرح إشكالية وجود مواد إضافية على مستوى مناطق أخرى (حدود الصفائح).

- فكيف يمكن تفسير ذلك إذا اعتبرنا أن حجم الكرة الأرضية ثابت ؟

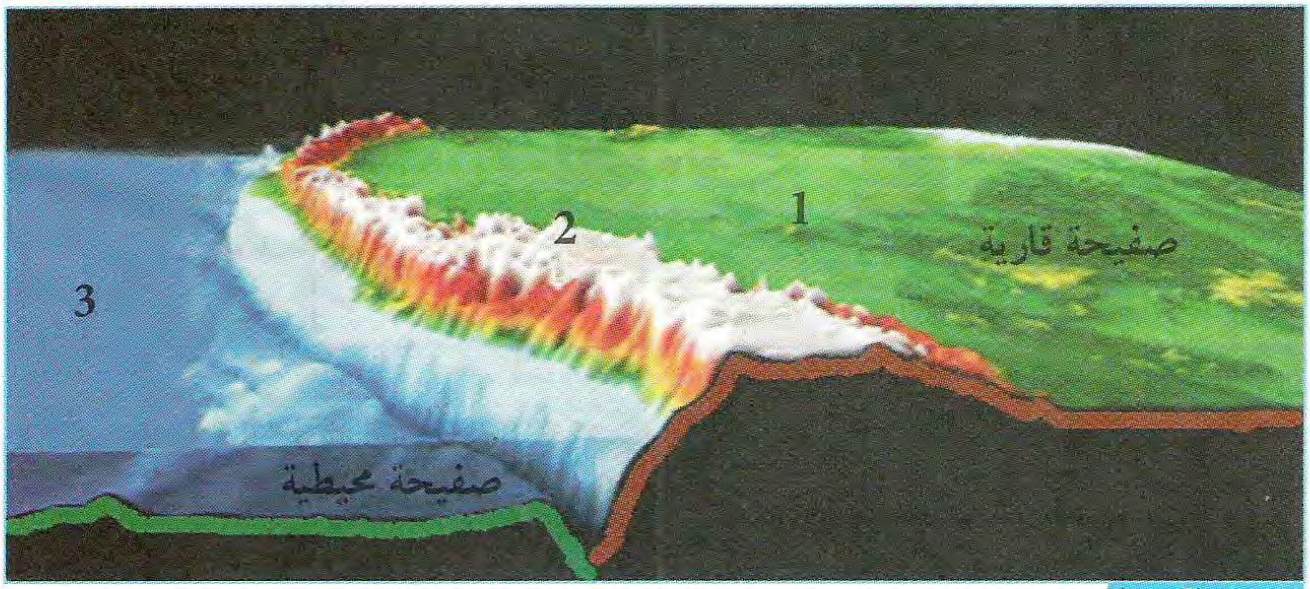
لتفسير ذلك نستعرض الدراسات التالية:

❶ نمذجة الحواف النشطة للقشرة الأرضية

* سمح المسح الطبوغرافي عن طريق الأقمار الصناعية (8-أ) بوضع نموذج للحواف الغربية لقارة أمريكا الجنوبية والمحيط الهادي وذلك باستعمال الحاسوب (الوثيقة 8-ب).

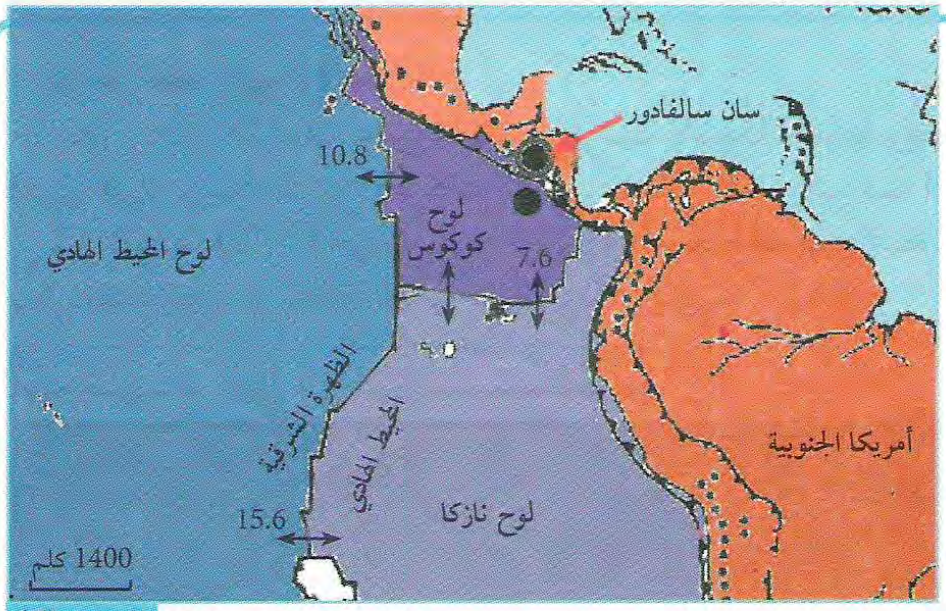


الوثيقة (8-أ) صورة بالقمر الصناعي للحواف الغربية لأمريكا الجنوبية



الوثيقة (8-ب) شكل ثلاثي الأبعاد للحواف الغربية لقارة أمريكا الجنوبية (عن Sismolog)

1. ماذا تمثل الأرقام 1، 2، 3 من الوثيقة (8) ؟
2. باستغلال الوثيقة (8-ب) قارن بين مستوى تواجد القشرة المحيطية والقشرة القارية، إقترح فرضيات لتفسير ذلك.



الوثيقة (9) زلزال سان سالفادور 2001

* لتفسير نتيجة المقارنة لسابقة نقترح الأنشطة التالية:

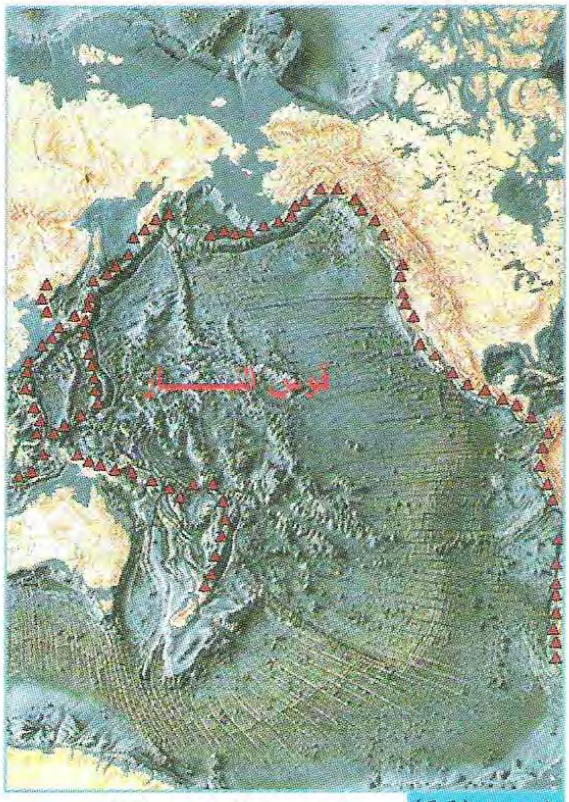
- الزلازل المرتبطة بالحواف النشطة:

مثال: زلزال سان سالفادور (13 جانفي 2001م):

يسجل السلفادور المئات من الزلازل سنويا حيث ضرب هذا البلد زلزالان متتاليان يومي 01/13/ 2001 و2001/02/13 قوتهما على التوالي 7.9 و6.6 على سلم رشتير حدد مركزهما السطحي في المحيط الهادي، يقع الزلزال الأول على بعد 100 كلم، بينما الثاني على بعد 30 كلم من الساحل قدرت بؤرتهما على عمق 40 كلم، حيث أحس بهما سكان المكسيك.

- البراكين المرتبطة بالحواف النشطة:

تبين الوثية (10) نمط لبراكين انفجارية مدمرة بينما الوثيقة (11) تمثل توزع البراكين المدمرة والتي يوافقها نشاط زلزالي شديدة.



الوثيقة (11) خريطة تبين حواف المحيط الهادي

الوثيقة (10) صورة لبركان الايكوادور

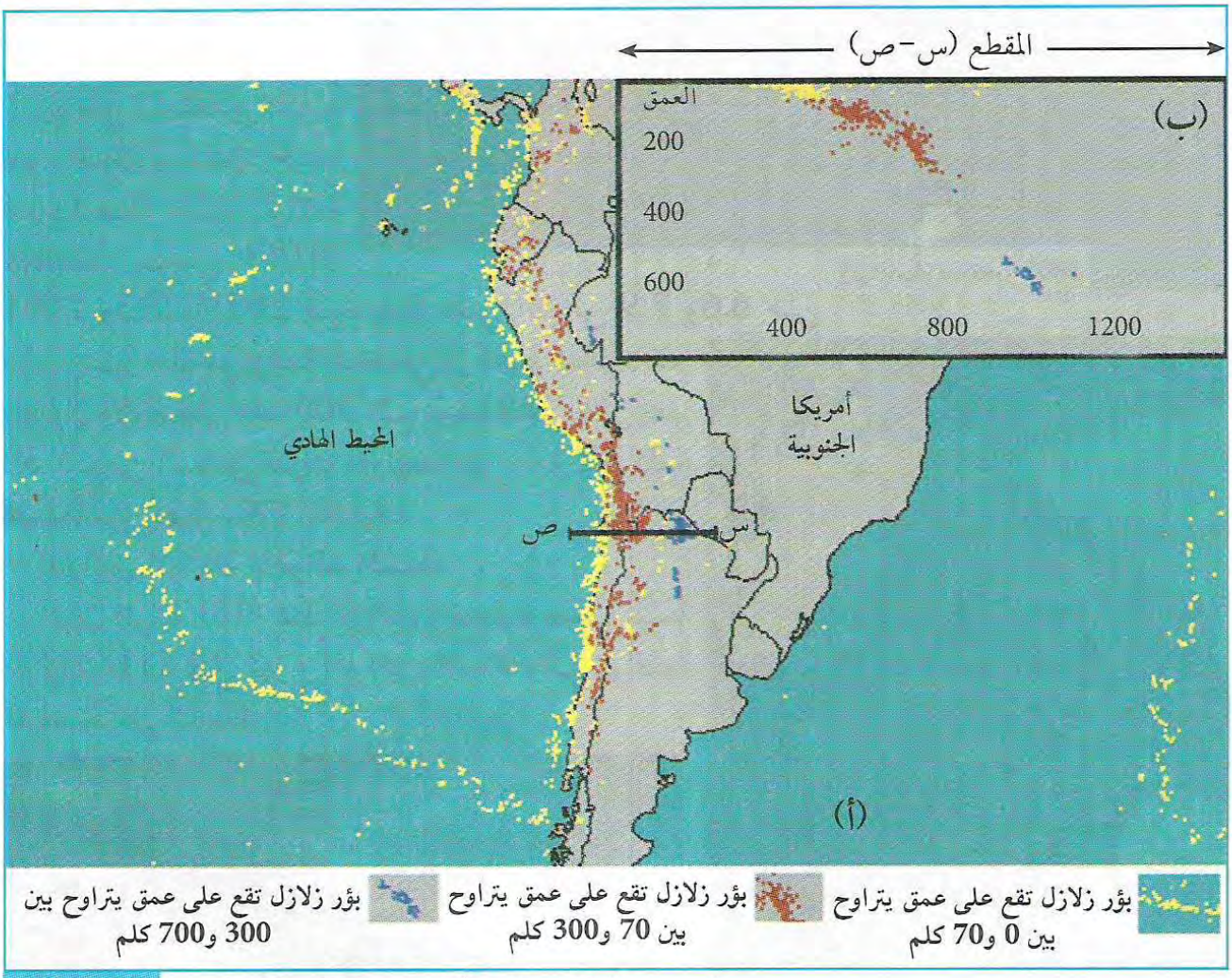
استغلال الوثائق:

1. حدد موقع السلفادور بالنسبة للألواح التكتونية
2. باستغلال معطيات الوثيقتين (9-11) استخلص العلاقة بين موقع السلفادور والنشاط الزلزالي وحدود الصفائح التكتونية.
3. باستغلال الوثيقة (10) استنتج أنواع البراكين المميزة لحواف المحيط الهادي.
4. باستغلال الوثيقة (11) استنتج العلاقة بين توزع البراكين وحدود الصفائح التكتونية ؟

- دراسة مخطط بينيوف Benioff:

تتوزع البؤر الزلزالية على الحافة الغربية لأمريكا الجنوبية ويختلف عمقها من منطقة إلى أخرى حيث ترتبط مع نوع الحركات التكتونية التي تتعرض لها الصفائح.

تمثل الوثيقة (12-أ) خريطة توزع الزلازل في أمريكا الجنوبية والمحيط الهادي، بينما تمثل الوثيقة (12 ب) مقطعا زلزاليا في الحافة الغربية لقارة أمريكا الجنوبية.

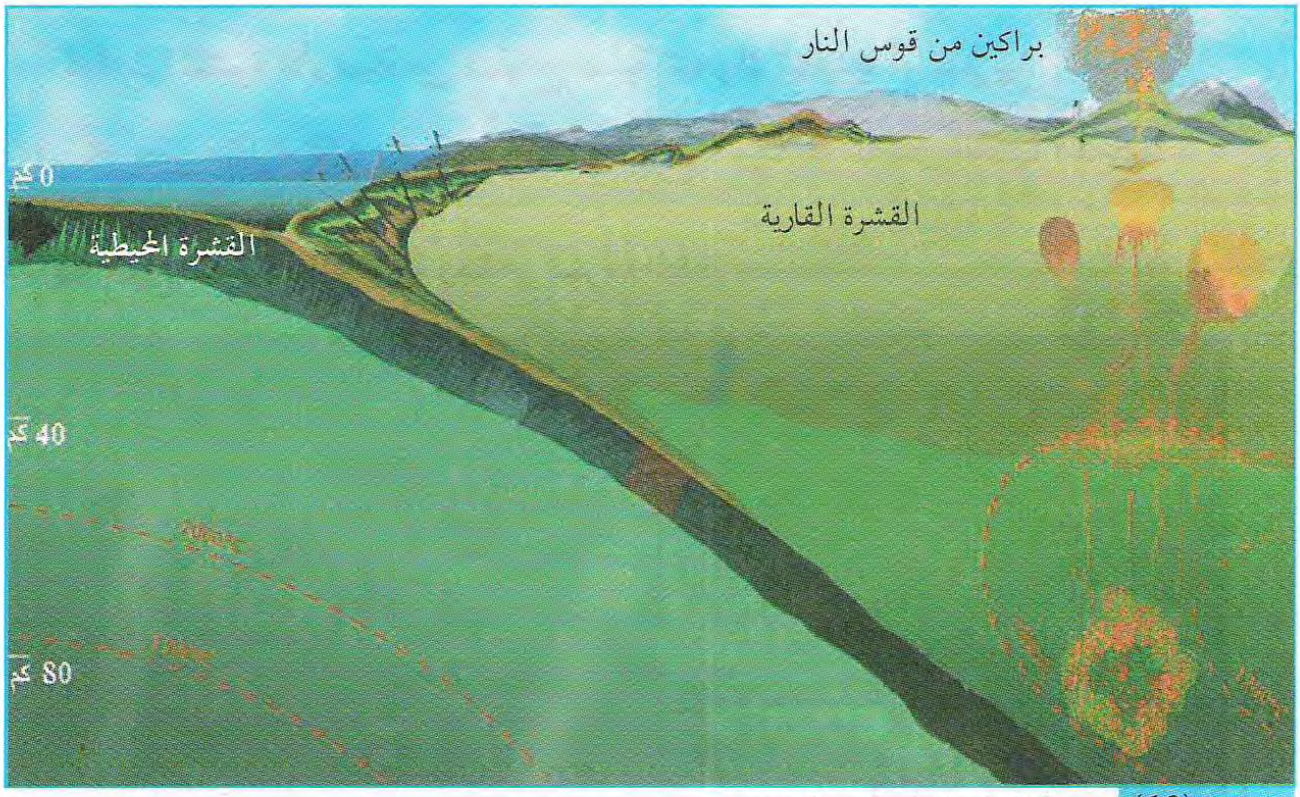


الوثيقة (12) خريطة توزيع الزلازل على الحافة الغربية لأمريكا الجنوبية

استغلال الوثائق:

1. على ماذا يدل توزع المراكز السطحية للزلزال في الخريطة ؟
2. اعتمادا على معطيات الوثيقة (9) تعرف على الألواح المتواجدة غرب أمريكا الجنوبية.
3. ادرس توزع البؤر الزلزالية في المقطع (س-ص) المبين في الوثيقة (12-ب). ماذا تستخلص فيما يخص العلاقة بين البعد عن حدود الصفائح وعمق البؤر الزلزالية ؟
4. صل بين مختلف البؤر الزلزالية المبينة على الوثيقة (12-ب)، ماذا تستنتج ؟

سحت نتائج دراسة الوثيقة (12-أ وب)بوضع الرسم التخطيط المبين في الوثيقة (13).



الوثيقة (13) رسم تخطيطي لمقطع في منطقة غوص

- قدم تفسيرا لمعطيات الوثيقة (13).

* بناءا على النتائج المتوصل إليها في الوثائق السابقة، وباعتبار أن كثافة الألواح المحيطية أكبر من كثافة الألواح القارية، اقترح تفسير التقلص القشرة الأرضية على مستوى مناطق الهدم مبرزا آلية التخلص من المواد الزائدة الناتجة عن تجدّد القشرة المحيطية ؟ هل تحققت من إحدى الفرضيات التي اقترحتها ؟
* انجز مخططا تحصيليا توضح فيه حركة الصفائح التكتونية.

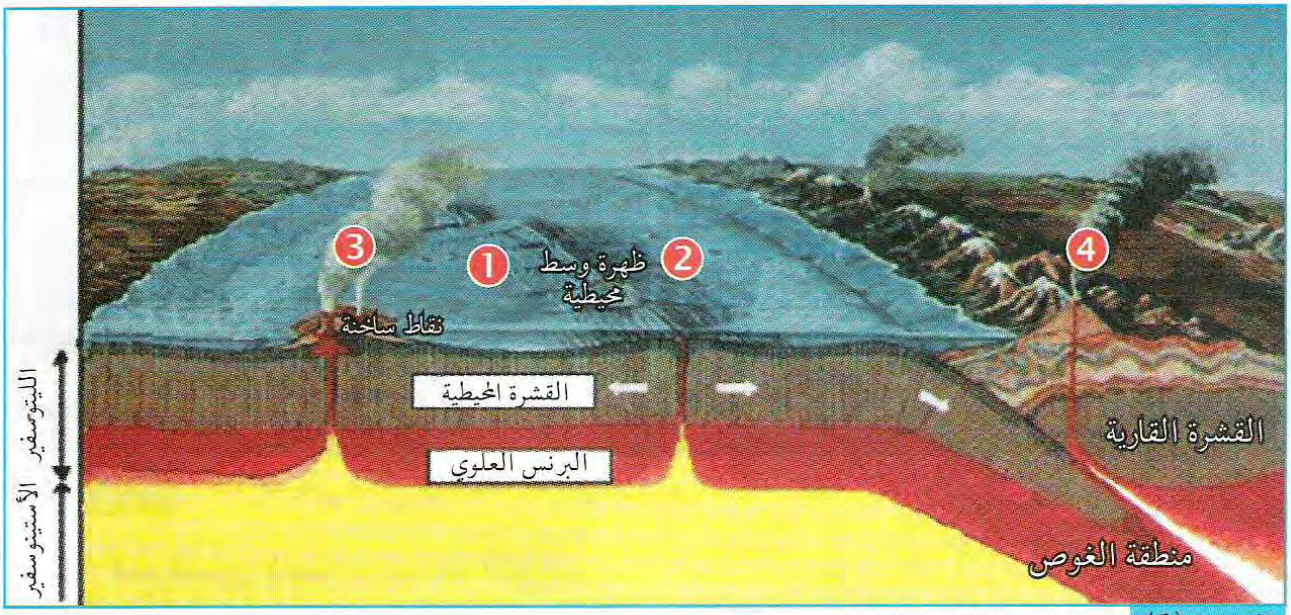
النشاط 3

الطاقة الداخلية للكرة الأرضية

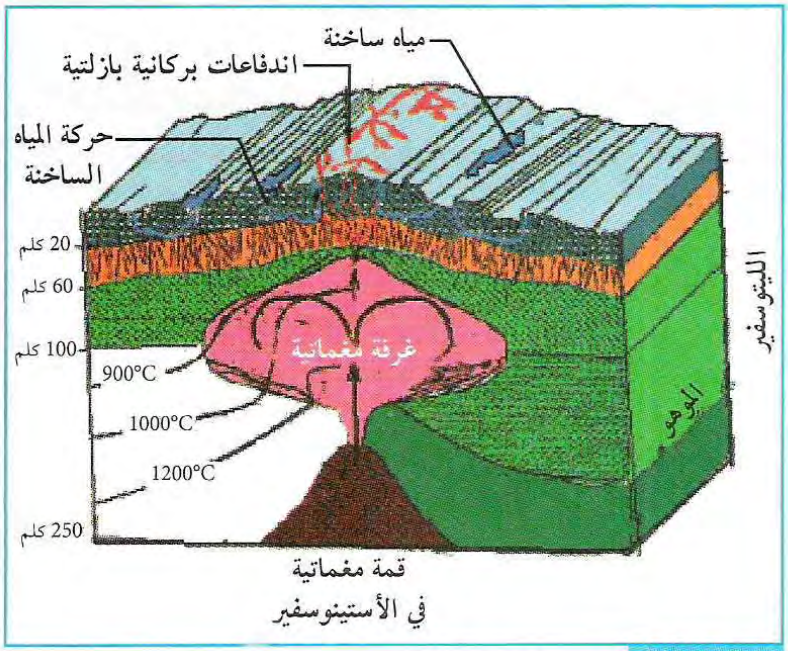
تتكون القشرة الأرضية من صفائح صلبة تتحرك تباعديا أو تقاربيا.

➢ على ماذا ترتكز وتتوضع هذه الصفائح ؟ وما هو مصدر طاقتها الحركية ؟

❶ أنواع الصفائح التكتونية ومظاهر تسرب الطاقة



الوثيقة (1) مجسم لأنواع الألواح التكتونية



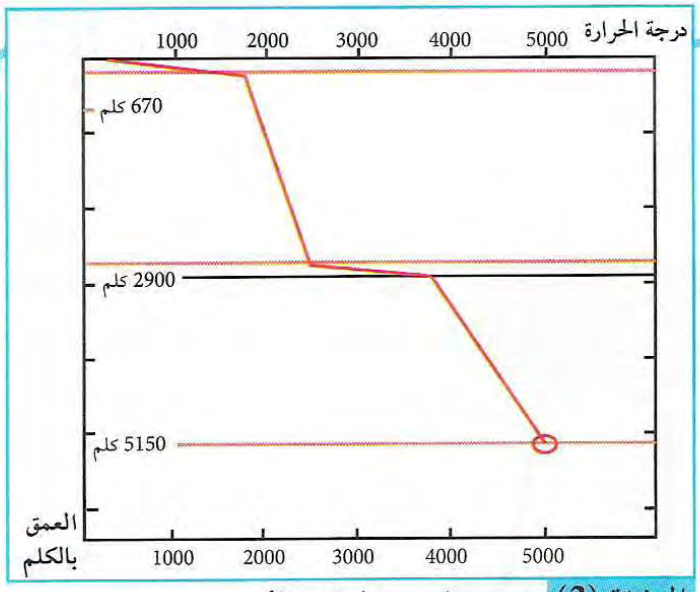
الوثيقة (2) مجسم لمصادر الطاقة

استغلال الوثائق:

1. ماذا تمثل الأرقام 1، 2، 3، 4 من الوثيقة (1) ؟
1. اعتمادا على مجسم الوثيقة (1) حدد أنواع الصفائح التكتونية.
2. ما هي الطبقة التي ترتكز عليها الصفائح التكتونية ؟
3. بالاعتماد على مجسم الوثيقة (2) حدد طرق خروج الطاقة من باطن الأرض (مصادر الطاقة).
4. وضح العلاقة بين العمق والطاقة المنبثقة من الأرض.

❷ مصادر الحرارة الأرضية

إن كمية الحرارة المنبثقة من باطن الأرض عبر السطح كل ثانية بواسطة التدفق الحراري معتبرة جدا حيث تقدر بـ 42×10^{12} واط (أي ما يعادل 42000 مولد كهربائي ينتج كل واحد منه 1000 ميقا واط).



الوثيقة (3) منحنى التدرج الحراري الأرضي

يبين جدول الوثيقة (4) كمية الطاقة المنبثقة من باطن الأرض والناتجة عن الزيادة في العمق.

	كمية الحرارة (ميلي واط/م^2)	المساحة (كلم^2)	الطاقة المنبثقة (واط)
القشرة القارية	113	201.5×10^6	11.5×10^{12}
القشرة الحيطية	67000	308.6×10^6	9.8×10^{12}

الوثيقة (4) جدول يبين متوسط الحرارة المنبثقة عن القشرة الأرضية

ويبين جدول الوثيقة (5) كمية الطاقة المنبثقة من باطن الأرض بسبب تحلل العناصر المشعة المتواجدة في الصخور.

	الحجم (كلم^2)	الطاقة الكلية المنبثقة
القشرة القارية	4.5×10^9	5×10^{12}
القشرة الحيطية	4.0×10^9	0.06×10^{12}
البرنس	920×10^9	1.3×10^{12}

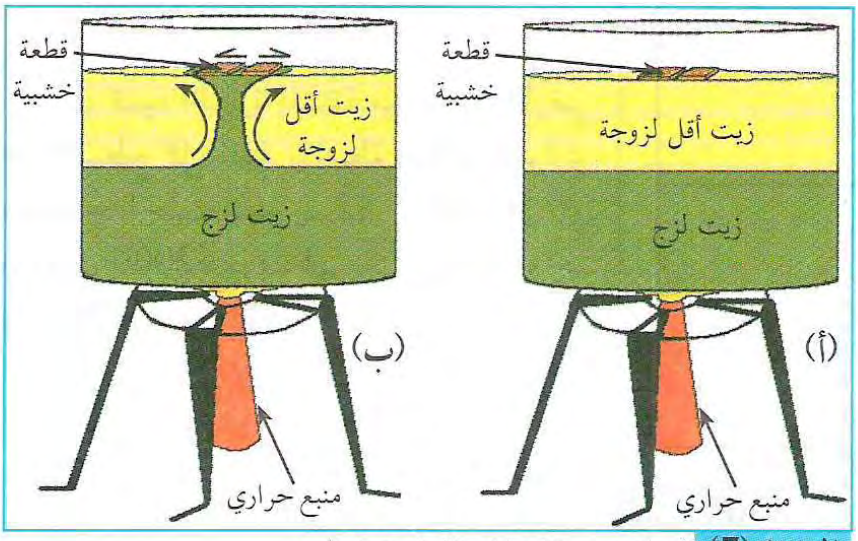
الوثيقة (5) جدول يبين متوسط الحرارة المنبثقة من الأرض بسبب الإشعاع الذري

استغلال الوثائق:

1. حلل منحنى التدرج الحراري الأرضي بدلالة العمق. ماذا تستنتج ؟
2. اعتمادا على معطيات الوثيقة (4) احسب الطاقة الكلية المنبثقة عن القشرة الأرضية.
3. اعتمادا على معطيات الوثيقة (5) احسب الطاقة الكلية المنبثقة عن تفتت العناصر المشعة، ثم قارن بين مختلف القيم. ماذا تستنتج ؟
4. هل تؤكد هذه النتائج ما توصلت إليه في السؤال (4) من النشاط السابق ؟

❸ المحرك الأساسي لحركة الصفائح (نمذجة الظاهرة)

تبين من النشاط السابق أن المستويات العليا للأرض تتميز بطاقة منخفضة مقارنة مع المستويات السفلى التي تتميز بطاقة عالية، تعمل التيارات تدعى بتيارات الحمل على نقل الطاقة السفلى نحو الأعلى والطاقة العلوية نحو الأسفل. فما هي علاقة تيارات الحمل بحركة الصفائح التكتونية ؟



الوثيقة (7) تجربة تبين حركة تيارات الحمل داخل البرنس

نمذجة تيارات الحمل:

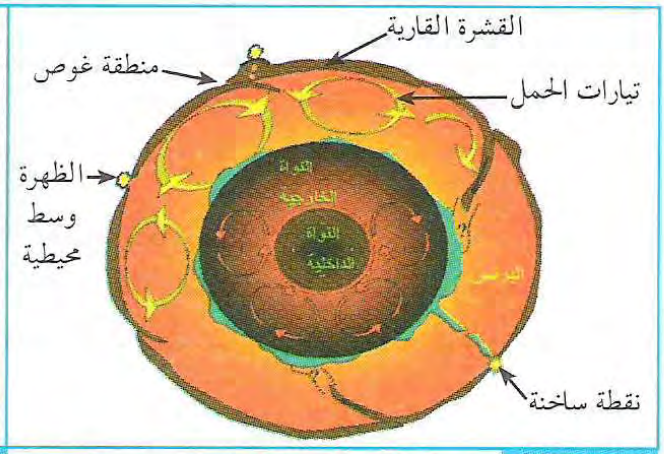
لإظهار ذلك نقوم بانجاز التجربة التالية:

تجربة: نأخذ بيشر به نوعين من الزيت مختلفين من حيث الكثافة ثم نضعه فوق منبع حراري (Bec Benzène). نضع على سطح السائل قطعتين من الخشب متلامستين كما هو موضح ف الوثيقة (7-أ) نقوم بتسخين السائل اللزج ثم نراقب التجربة.

استغلال الوثائق:

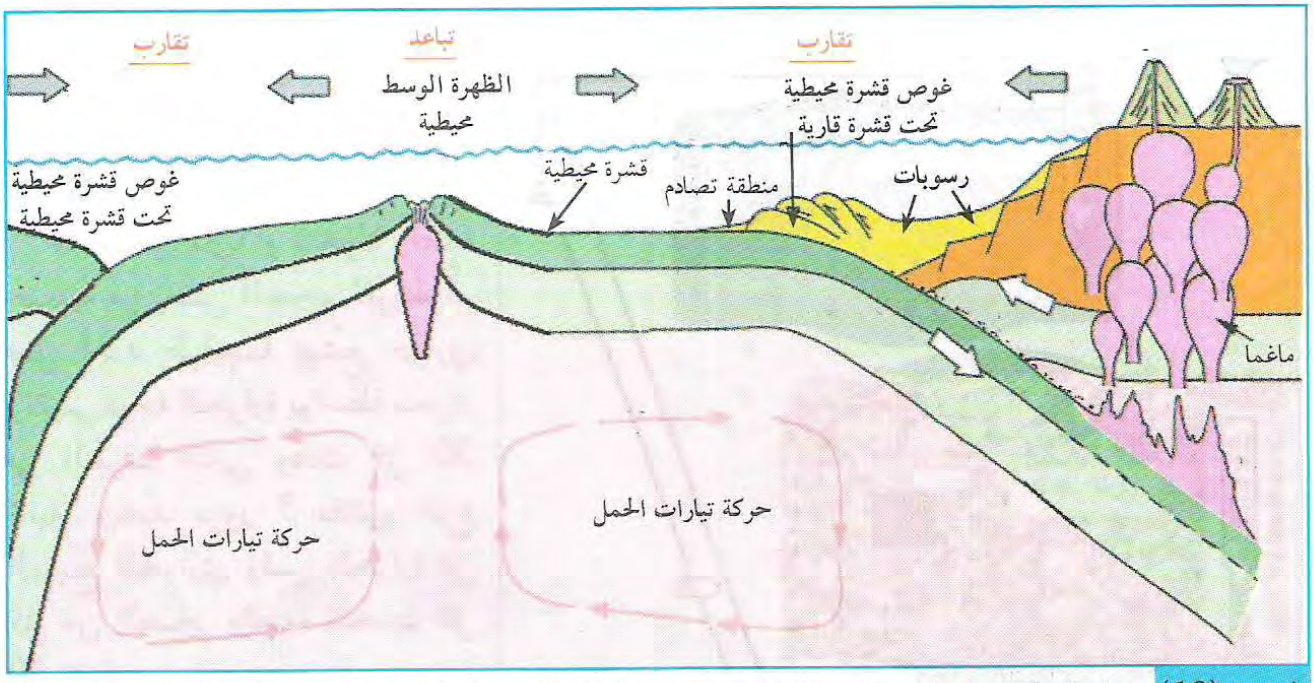
1. ما هي الملاحظات المسجلة بعد مدة زمنية من التسخين ؟
2. أنجز رسما تخطيطيا يوضح المرحلة الأخيرة من التجربة.
3. قدم تفسيرا للملاحظات المسجلة.
4. إذا اعتبرنا أن قطعتي الخشب عبارة عن تمثيل لصفيحتين تكتونيتين، فهل يمكن من خلالهما تفسير حركة الصفائح ؟ اشرح ذلك.

الأشكال الموالية توضح دور تيارات الحمل في حركة الصفائح التكتونية

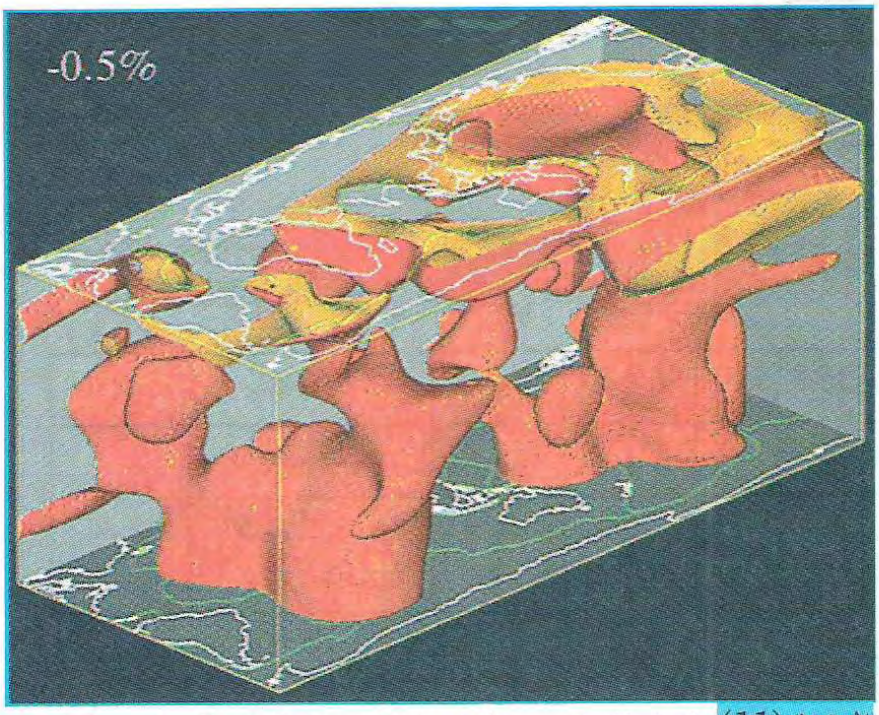


الوثيقة (8) أماكن تشكل تيارات الحمل في المستويات الأرضية

الوثيقة (9) نمذجة لحركات تيارات الحمل داخل البرنس الأرضي



الوثيقة (10) مقطع في ظهرة وسط محيطية ومنطقة غوص يبين علاقة تيارات الحمل بحركة الفائح التكتونية

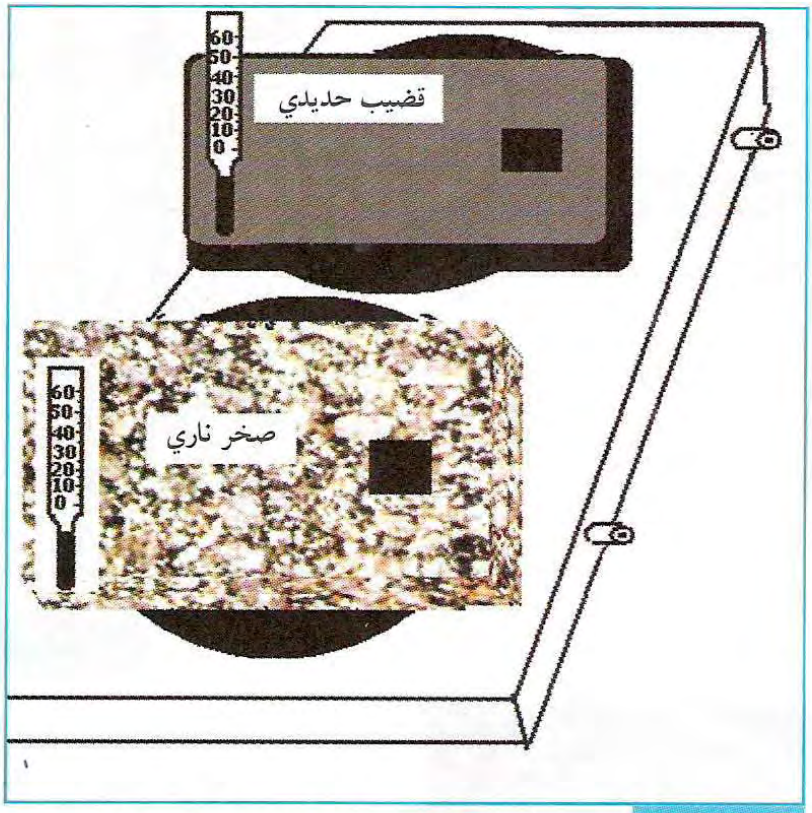


الوثيقة (11) نمذجة للتراكيب الحرارية الموجودة داخل البرنس العلوي بناءا على الانتشار المتباطىء للموجات الزلزالية وعلاقتها بزحزحة القارات

استغلال الوثائق:

1. ما هو سبب صعود ونزول تيارات الحمل في البرنس ؟ وماذا ينتج عن ذلك ؟
2. ماذا تمثل البقع الحمراء والصفراء في الوثيقة (11) ؟
3. ما هي المناطق على مستوى العالم التي تتميز بتدفق حراري عال ؟ علل إجابتك.

❸ مقارنة بين ناقلية الصخور وناقلية قطعة حديد



الوثيقة (12) تركيب تجريبي يسمح بقياس ناقلية صخر وقطعة حديد

تجربة:

خذ صخرا ناريا أو متحولا وقطعة حديدية من نفس الحجم تقريبا، ثم صل أحد طرفيهما بمنبع حراري ونقيس درجة الحرارة بواسطة محرار في الطرف الثاني وذلك كل 30 ثانية. وبعد مرور 3 دقائق، انزع المنبع الحراري وقس الحرارة في كل من الصخر وقطعة الحديد كل 30 ثانية.

استغلال الوثائق:

1. دون النتائج المحصل عليها في الجدول التالي:

الزمن بالثانية		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
درجة الحرارة	قضيب حديدي											
	صخر ناري أو صخر متحول											

2. ارسم على نفس المعلم منحنيي ناقلية كل من الصخر والقضيب الحديدي.
3. حلل المنحنيين وقارن بينهما.
4. ماذا تستنتج ؟

الحصيلة المعرفية

النشاط ❶: تحديد الصفائح التكتونية

ينقسم الغلاف الصخري (القشرة الأرضية) إلى عدة صفائح صلبة تفصلها أحزمة نشطة.

الصفائح التكتونية عبارة عن مناطق هادئة من الناحية التكتونية، يمكن أن تكون محيطية (صفيحة المحيط الهادي)، قارية (صفيحة شبه الجزيرة العربية) أو مختلطة (صفيحة إفريقيا).

يحد الصفائح التكتونية مناطق نشطة ممثلة بانتشار المراكز السطحية للزلازل، البراكين، السلاسل الجبلية الحديثة وتضاريس خاصة بقيعان البحار كالظهرات وسط محيطية والخنادق المحيطية.

النشاط ❷: حركات الصفائح التكتونية

تتحرك الصفائح التكتونية بالنسبة لبعضها البعض، حيث يمكنها أن تتباعد مشكلة الظهرات الوسط محيطية أو تتقارب على مستوى الخنادق البحرية مشكلة مناطق غوص أو تصادم مشكلة السلاسل الجبلية الحديثة.

تدل حركات التباعد (مثال إفريقيا وأمريكا الجنوبية) على التوسع المحيطي وزحزحة القارات.

تتوافق الحدود الشرقية لقارة أمريكا الجنوبية والحدود الغربية لقارة إفريقيا مما يدل هذا على تباعد الألواح التكتونية وتوسع قاع المحيط، حيث يمكن تبرير حركات التباعد من خلال زحزحة.

يستدل على التباعد القاري بواسطة المغنطة الأرضية الحديثة وتطبيقها على المغنطة الأرضية المستحاثية حيث: تأخذ الكرة الأرضية سلوك قطب مغناطيس، وتشكل خطوط القوى المغناطيسية حقلا مغناطيسيا حول الأرض وهذا ما يجعل إبرة البوصلة تأخذ نفس الاتجاه (شمال – جنوب).

يمكن تحديد عمر قاع المحيطات انطلاقا من قياس المغنطة المستحاثية المدونة في الصخور المشكلة للقشرة المحيطية.

مكّنت قيم الشذوذ المغناطيسي الأرضي من رسم أحزمة متوازية متساوية ومتناظرة بالنسبة للظهرة وسط محيطية تشبه جلد الحمار الوحشي.

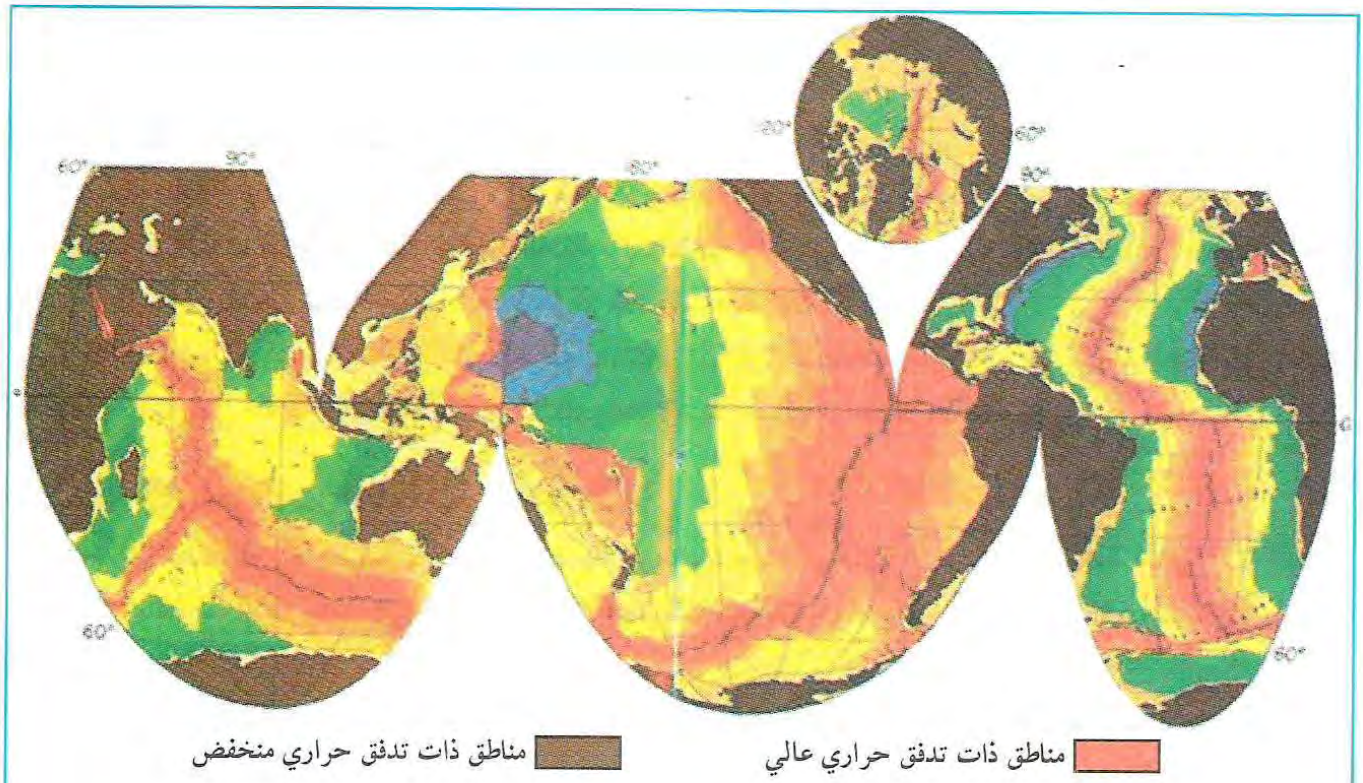
يحدد عمر قاع المحيط بواسطة المحتوى المستحاثي للصخور الرسوبية التي تعلو القشرة البازلتية، حيث تكون الرسوبيات البعيدة عن محو الظهرة سميكة وأقدم عمرا، تتوافق هذه الأعمار مع الأدلة المغناطيسية.

تظهر مغنطة صخور قاع المحيطات أن عمر قيعان المحيطات تزداد بشكل تناظري على جانبي الظهرة كلما ابتعدنا عن محورها ويدل هذا على تباعد الصفائح التكتونية عن بعضها البعض.

تتجلى حركات التقارب على مستوى الحدود المقابلة لمناطق التباعد بدخول صفيحة ما تحت صفيحة أخرى ويدعى بالغوص(مثل غوص صفيحة المحيط الهادي تحت الصفيحة الأمريكية الجنوبية).

تتميز مناطق الغوص بزلازل يتزايد عمق بؤرها من المحيط إلى القارة حيث تصحبها اندفاعات بركانية، وتعتبر إحدى حدود الصفائح التكتونية.

تتوزع بؤر الزلازل وفق مستوى يميل بـ 45° على الأفق يدعى مستوى بينيوف، الذي يفصل بين القشرة المحيطية الهابطة والقشرة القارية الطافية، أما في حالة غوص قشرة محيطية تحت قشرة محيطية أخرى فتقدر زاوية الميل بحوالي 90°.



خريطة تبين توزع التدفق الحراري الأرضي

النشاط ❸: الطاقة الداخلية للكرة الأرضية

تعد الطاقة الداخلية للأرض محركا أساسيا لتنقل الصفائح الليتوسفيرية فوق الأستينوسفير.

إن حركة الصفائح التكتونية ناتجة عن الحركة البطيئة والضخمة للمواد داخل البرنس وتحويل الطاقة الناتجة عنها نحو السطح.

تنتج هذه الحركات عن الاختلاف في درجة الحرارة بين المستويات السفلى والمستويات العليا للبرنس حيث تزداد درجة الحرارة بزيادة العمق.

تصدر حرارة الكرة الأرضية عن مصدرين أساسيين هما:

- الحرارة الأولية المجمّعة داخل الكرة الأرضية أثناء تشكل هذه الأخيرة والمنبثقة عن القشرة الأرضية والبرنس.
- التحلل الذري لبعض العناصر المشعة كاليورانيوم (U^{238}، U^{235})، البوتاسيوم (K^{40}) والثوريوم (Th^{232}) الناتجة عن عملية التمدد القشري وصعود المواد الصخرية.

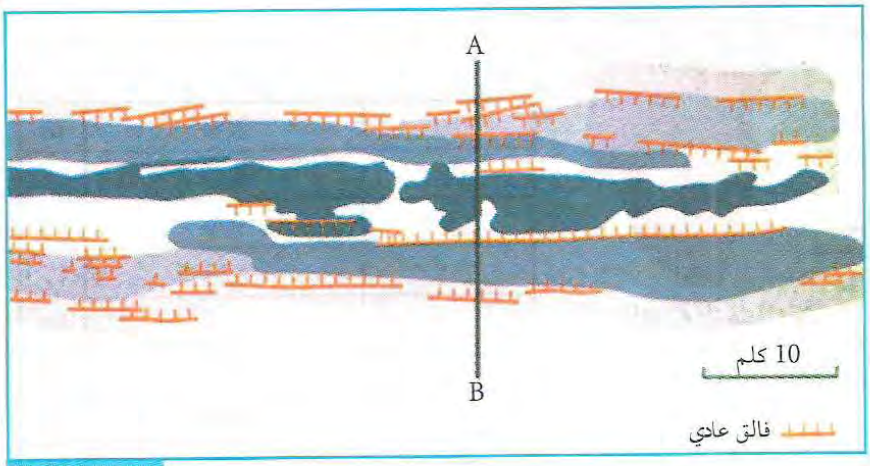
تتسرب الطاقة الداخلية للأرض ببطء بواسطة ظاهرة تيارات الحمل (نقل الحرارة بفضل حركة المادة) وهذا لكون الصخور تتميز بناقلية سيئة. وعليه فإن تيارات الحمل هي إحدى محركات الصفائح التكتونية والتي تتمثل في صعود مواد ساخنة على مستوى الظهرات وسط محيطية ونزول مواد باردة على مستوى مناطق الغوص.

يعود تباعد الصفائح التكتونية إلى صعود طفوح بركانية آتية من البرنس على مستوى الظهرات ويعود غوص القشرة المحيطية تحت القشرة القارية لكونها أكثر كثافة.

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1

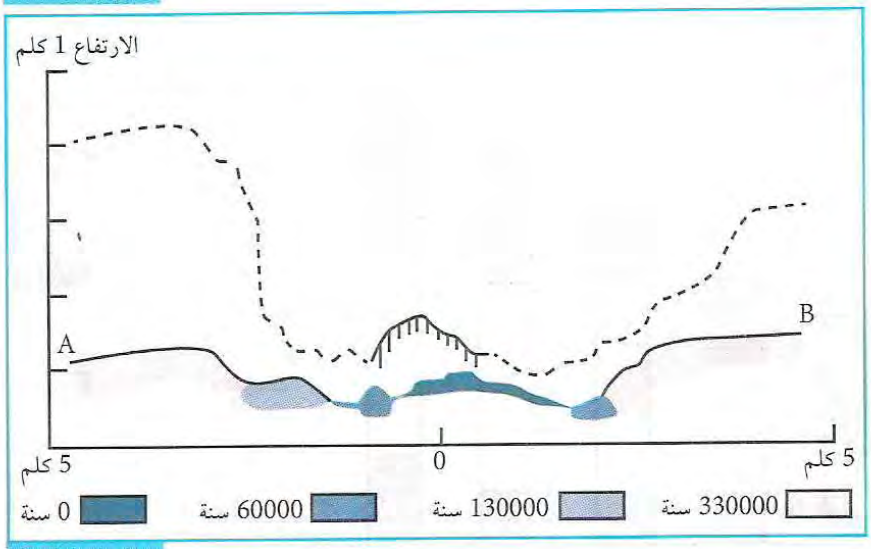
1) أراد العلماء أن يحددوا ظهرة Galapagos التي تقع في المحيط الهادي قرب البيرو وتفصل بين لوح كوكوس ولوح نازكا الواقعين في المحيط الهادي، فرسموا خريطة (الوثيقة 1) تمثل صخور بركانية يتراوح عمرها بين 0 و330000 سنة.



الوثيقة (1)

تبين الوثيقة (2) منحنيين:

- منحنى A-B موقعه محدد على مستوى المقطع A-B من الوثيقة (1).
- منحنى بخط متقطع مأخوذ من ظهرة وسط المحيط الأطلسي.



الوثيقة (2)

1. حدد على الخريطة والمقطع A-B محور الرفت والمنطقة المسؤولة عن البركنة الحالية.

2. حدد العلاقة بين توزع الصخور البركانية وعمرها.

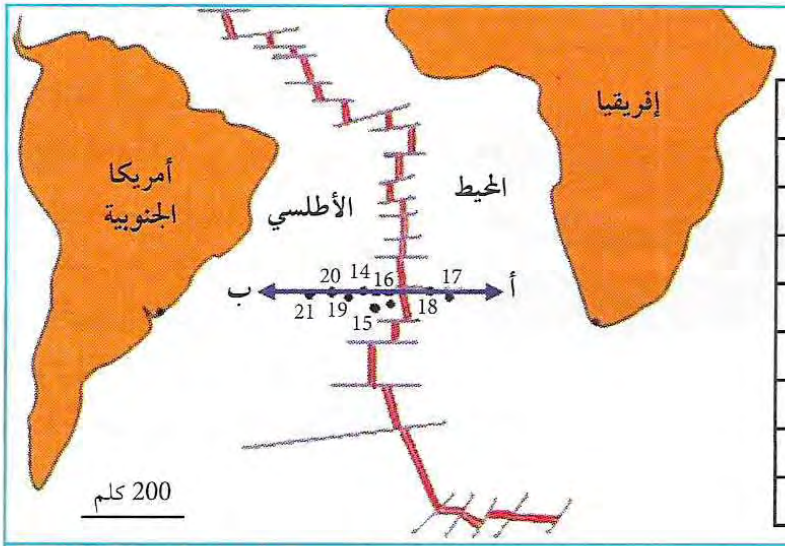
3. ما هو مصدر التراكيب التدرجية المبينة في المقطع A-B.

4. قارن بين منحنيي الوثيقة (2)، ماذا تستنتج ؟

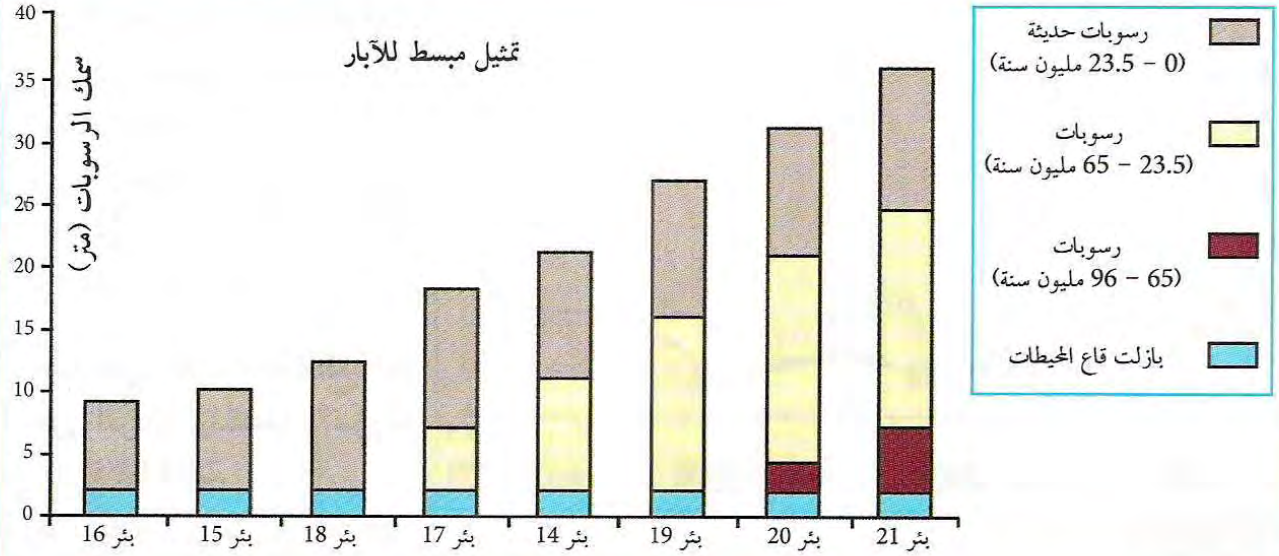
التمرين 2

2) أراد العلماء أن يحددوا طبيعة صخور قاع المحيطات، سمكها وعمرها، فقاموا بحملة في المحيط الأطلسي الجنوبي سنتي 1966-1967 تدعى حملة Glomar Chalenger، وتمّ على إثرها حفر مجموعة من الآبار على جانبي الظهرة وعلى مسافات متفاوتة من محورها.

تبين الوثائق الموالية موقع الآبار بالنسبة للظهرة، سمك وعمر الرسوبات:



البئر	البعد عن الظهرة بالـ كلم	عمر الرسوبات
16	200	10
15	400	22
18	500	23.5
17	625	31
14	750	39
19	1010	47
20	1400	66
21	1750	72



1. ما هي العلاقة بين سمك الرسوبات والبعد عن الظهرة ؟

2. ما هي العلاقة بين عمر الرسوبات والبعد عن الظهرة ؟

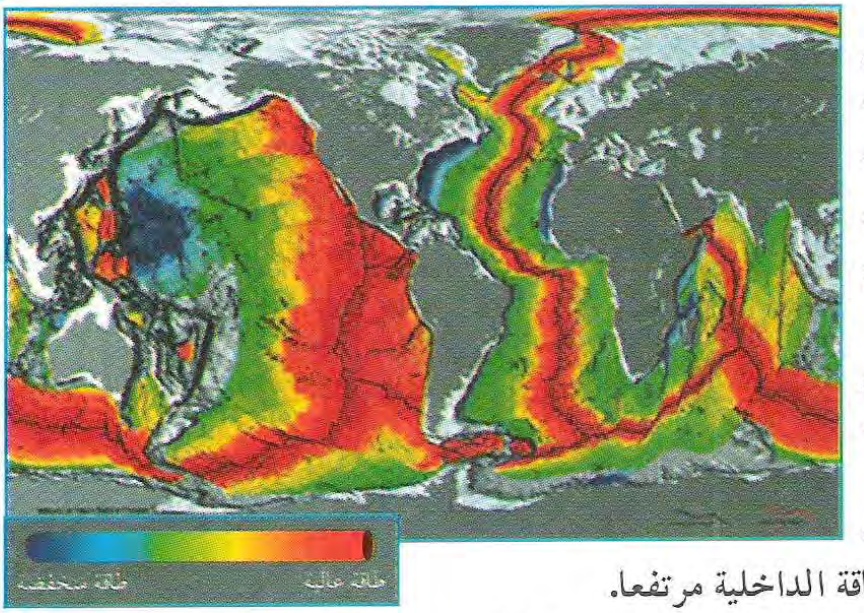
3. مثل برسم تخطيطي المقطع (أ - ب) الممثل على الخريطة، آخذا بعين الاعتبار سمك الرسوبات وعمرها.

4. ماذا تستنتج ؟

التمرين 3

للوصول إلى توازن حراري يعمل كوكبنا الأرضي على استقراره الحراري مع محيطه الخارجي (البارد) وذلك بفقدان الأرض لحرارتها، حيث تقدر درجة المجموعة الشمسية بـ -180°م.

تعتبر حركة الصفائح التكتونية نتيجة لعملية فيزيائية تؤدي إلى تبرد الأرض وتسرب طاقتها الناتجة عن البناء والحرارة النووية وذلك للوصول إلى توازن حراري، لتوضيح هذا المفهوم نجري الدراسة التالية:



بينت التجارب أن حرارة الأرض ترتفع مع الزيادة في العمق حيث يقدر معدلها ب 30°م/كلم تحت القارات (معدل متغير يصل في بعض المناطق إلى 90°م/كلم و10°م/كلم في مناطق أخرى).
تدل البراكين والمياه الساخنة على تسرب مثل هذه الطاقة نحو المجال الخارجي للأرض.

1. انطلاقا من الوثيقة المقابلة حدد المناطق التي يكون فيها تسرب الطاقة الداخلية مرتفعا.

2. حدد المناطق التي يكون فيها تسرب الطاقة الداخلية منخفضا.

يتم قياس الجيوحراري الأرضي بواسطة محرار إلكتروني يدخل في الآبار البترولية، حيث تم التوصل إلى أن حرارة الأرض تزداد مع العمق.

يتم قياس التدفق الحراري (ناقلية الصخور) في المخبر بإجراء تجارب عليها، حيث يكون:

التدفق الحراري في منطقة معينة = الجيوحراري × الناقلية الحرارية للصخور

أظهرت الدراسات أن معدل التدفق الحراري= 0.06واط/ م ^{2} وهو متغير حسب العمق.

1. حدد المناطق التي يكون فيها التدفق الحراري أكبر من 0.06واط / م ^{2} ؟ علل إجابتك.

2. ما هي المناطق التي يكون فيها التدفق الحراري أصغر من 0.06واط / م ^{2} ؟ علل إجابتك.

توجد عدة مصادر للتدفق الحراري الذي قد ينتج بسبب تفكك العناصر الكيميائية المشعة الموجودة في القشرة الأرضية، البرنس والنواة الأرضية.

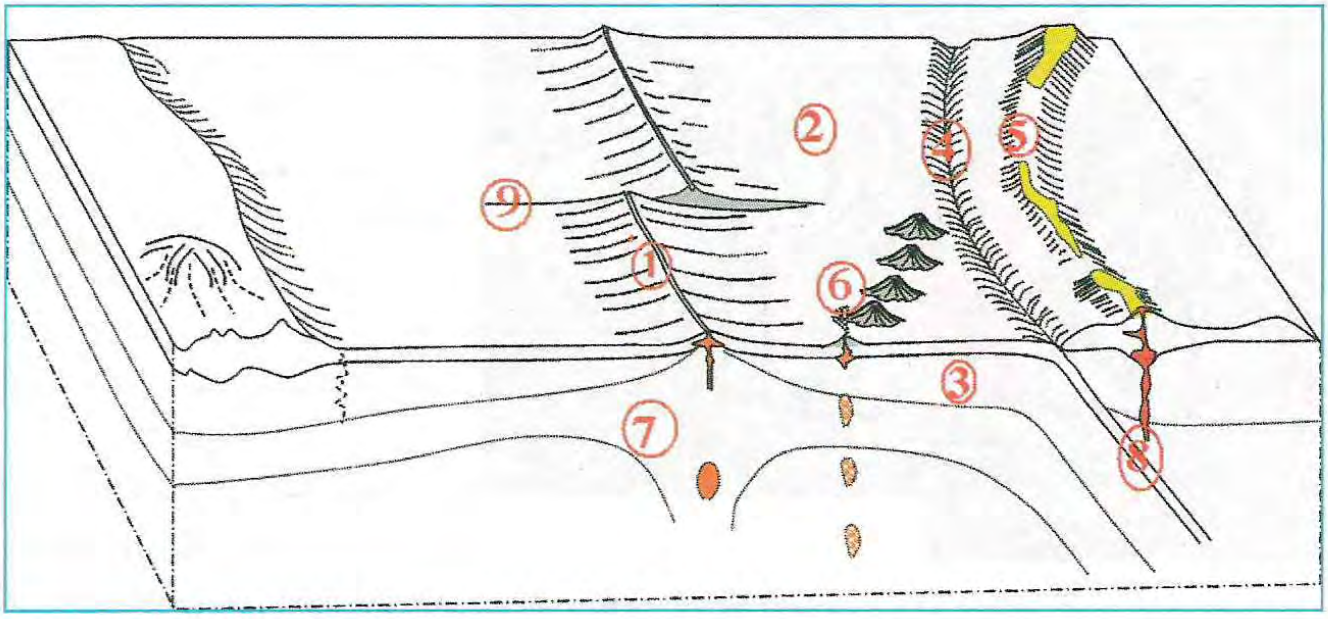
يبين الجدول المقابل مصادر التدفق الحراري الأرضي:

	الحجم (كلم3)	الطاقة المنبعثة (واط/كلم3)	الطاقة المنبعثة(واط)
القشرة القارية	4.5×10^9	1700	
القشرة المحيطية	4×10^9	300	
البرنس	920×10^9	30	
النواة	180×10^9	0	
الطاقة الكلية المنبعثة عن تفكك النظائر المشعة بالواط			36.45×10^{12}
الطاقة الكلية			

1. أكمل الجدول.

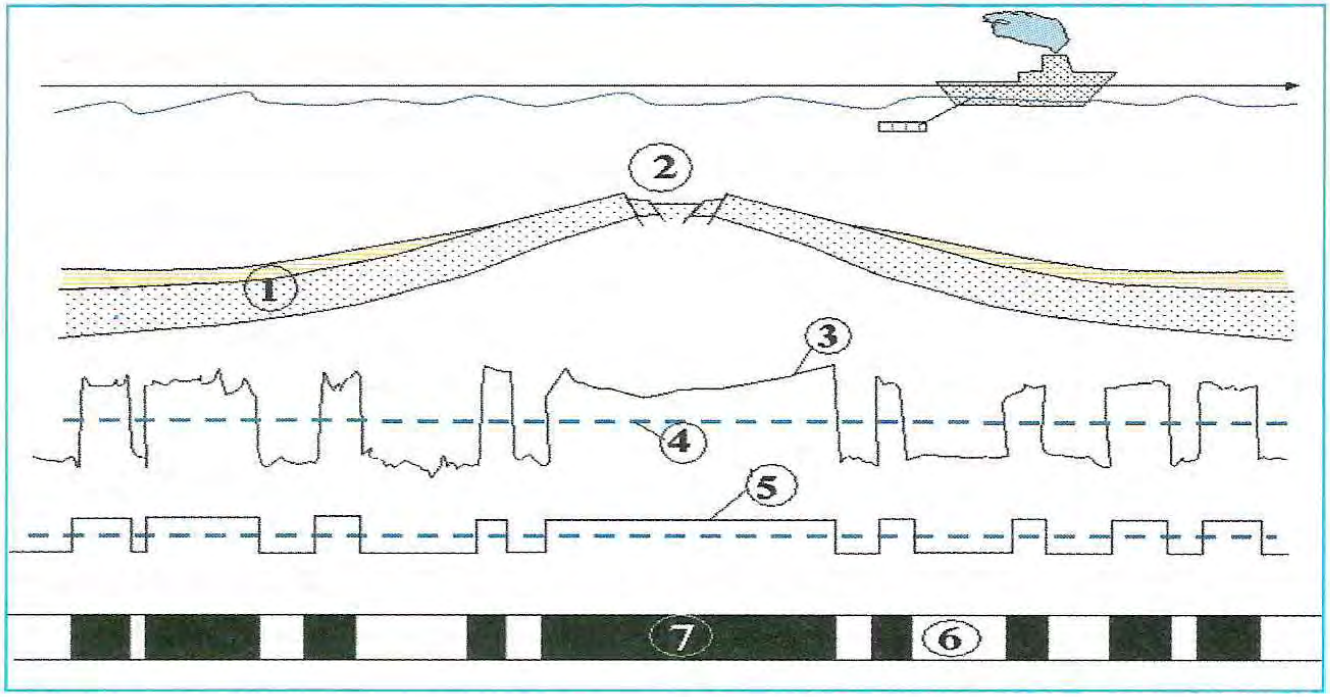
2. باستغلال نتائج الجدول، حدد المصادر الأساسية للطاقة الداخلية للأرض.

التمرين 4



1. ضع البيانات المناسبة مكان الأرقام المبينة في الرسم
2. ضع عنوانا مناسبا للرسم

التمرين 5



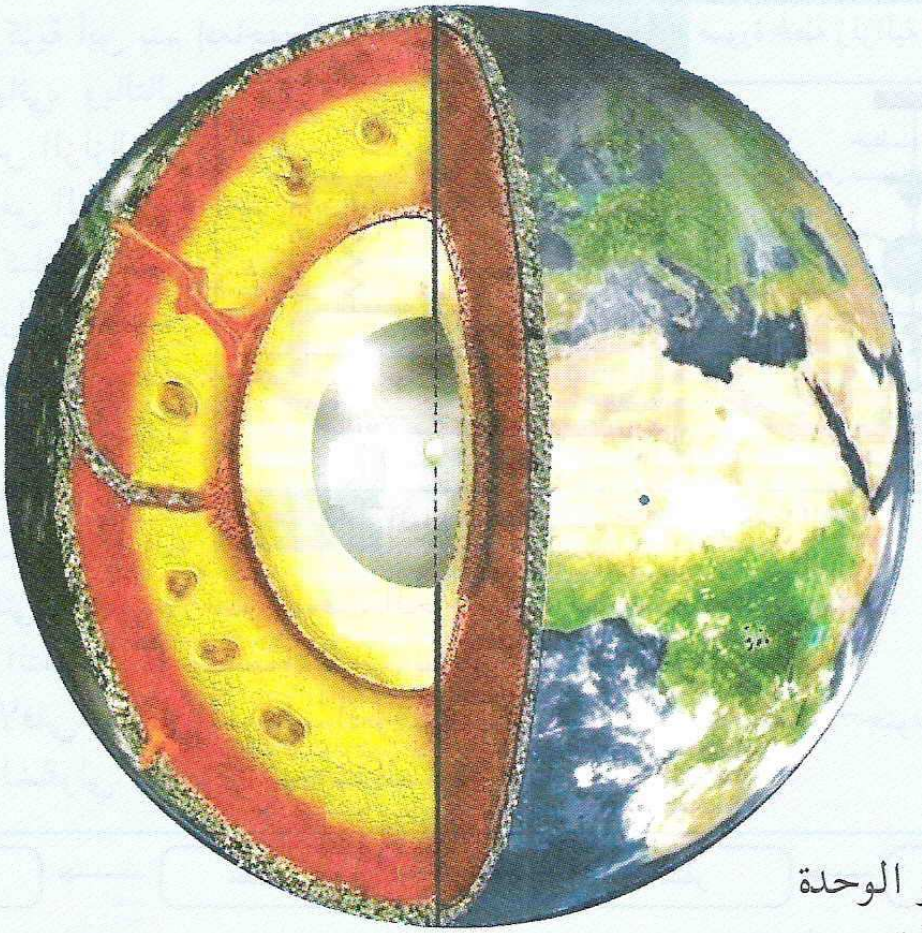
1. ضع البيانات المناسبة مكان الأرقام المبينة في الرسم.
2. ضع عنوانا مناسبا للرسم.
3. ما هي الصخور والمعادن المستعملة في تحديد المغنطة الأرضية المستحاثية. علل إجابتك.

الوحدة 2

بنية الكرة الأرضية

يعتمد العلماء حاليا في دراستهم لبنية الكرة الأرضية على مجموعة من العلوم: الجيولوجيا، الجيوفيزياء، و الجيوكيمياء، حيث تتوقف دراستهم على معطيات غالبا ما تكون غير مباشرة تسمح بوضع نماذج توضيحية لهيكلة وعمل الأرض، ولكن تبقى المعطيات الميدانية أساسية لفهم الظواهر الجيولوجية.

➢ ما هي الظواهر الجيولوجية والمكونات المعدنية والكيميائية التي اعتمد عليها العلماء لمعرفة البنية الداخلية للكرة الأرضية ؟



عناصر الوحدة

1. الموجات الزلزالية.
2. التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية والبرنس (المعطف).
3. نمذجة البنية الداخلية للكرة الأرضية.

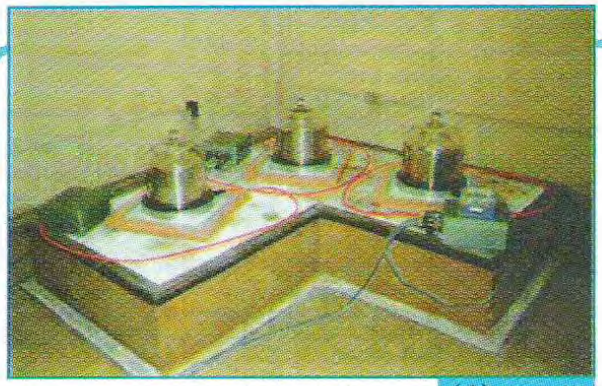
النشاط 1

الموجات الزلزالية

تنتج عن حركات القشرة الأرضية موجات زلزالية تنتشر في كل الاتجاهات، يتم تسجيلها في محطات منتشرة في مختلف بقاع العالم.

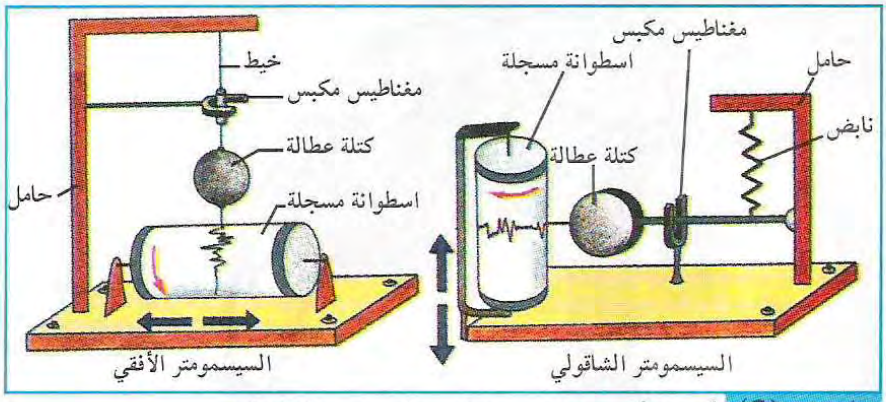
➢ كيف تعمل المسجلات الزلزالية ؟ ما هي أنواع الموجات الزلزالية وكيف تنتشر في المستويات الداخلية للكرة الأرضية ؟

❶ مبدأ عمل المسجل الزلزالي



الوثيقة (1) صورة لمحطة زلزالية

تتميز المسجلات الزلزالية الحديثة بحساسية عالية، تسمح بتسجيل الحركات الأرضية بواسطة ملتقط عطالي كهرو-مغناطيسي (Capteur inertiel électro-magnétique) حيث تضم الإشارة إلكترونيا وتُرسل تسجيلات إلى محطة زلزالية مركزية أين يتم إدماجهما ثم الحصول على تسجيل نهائي، وبالتالي يمكن دراسة نفس الزلزال في محطات مختلفة من العالم.

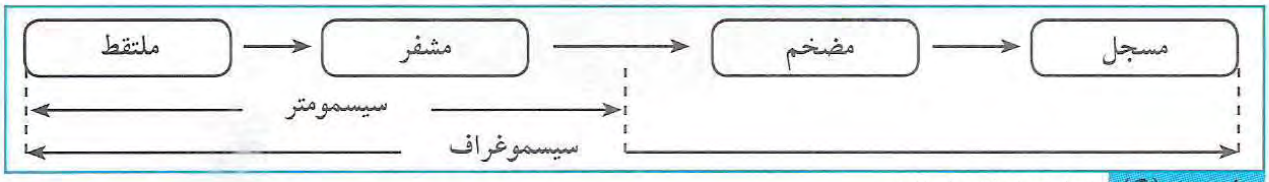


الوثيقة (2) أنواع أجهزة قياس مختلف الموجات الزلزالية

تنتشر حركات القشرة الأرضية خلال زلزال معين في كل اتجاهات الفضاء، وللحصول على تحليل لهذه الحركات نستعمل جهاز تسجيل الموجات الزلزالية (السيسمومتر) التي تسجل في نفس الوقت الحركات في ثلاث اتجاهات متعامدة.

تنقسم أجهزة التسجيل (السيسمومتر) إلى نوعين:

- السيسمومتر الأفقي: يسجل الموجات العرضية وينصب في اتجاهين شمال-جنوب وشرق-غرب
- السيسمومتر الشاقولي: يسجل الموجات العمودية فقط.



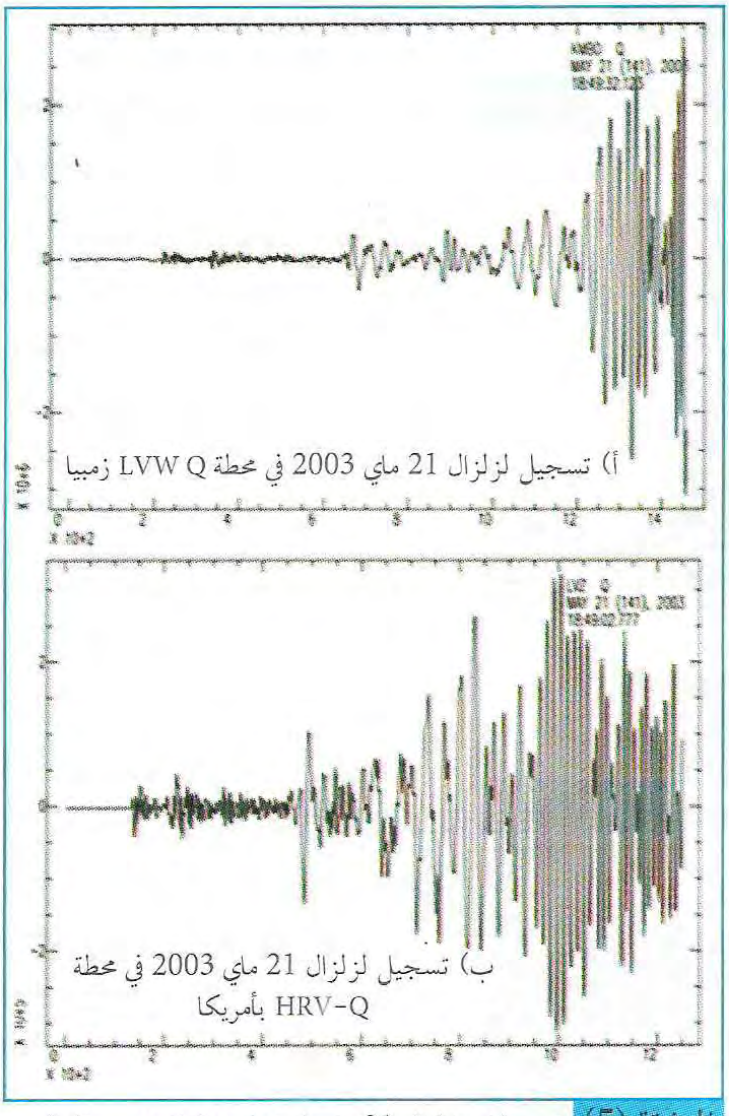
الوثيقة (3) مخطط لمحطة زلزالية

❷ تحليل تسجيلين لزلزال 21 ماي 2003 بالجزائر

ضرب منطقة بومرداس (شمال الجزائر) يوم 21 ماي 2003م على الساعة 18سا 44 د زلزال قوته 6.8 على سلم ريشتر (حسب المركز العالمي للزلازل بأمريكا: دانفر بكولورادو) دام حوالي 40 ثانية، انتشرت آثاره على قطر يقدر بحوالي 100 كلم، حيث أحسّ به سكان مايوركا بإسبانيا.

الوثيقة (4) تسجيل زلزال 21 ماي بالجزائر في محطة ASTER بفرنسا

حدد مركز الأبحاث في علم الفلك والجيوفيزياء بالجزائر (CRAAG) مركزه السطحي في البحر على بعد 7 كلم شمال مدينة زموري التي تقع على بعد 60 كلم شرق الجزائر العاصمة، وحددت بؤرته على عمق قدر بـ 10 كلم، لذا يعتبر زلزالا سطحيا، يصنف هذا الزلزال ضمن الزلازل المتوسطة إلى عالية القوة.


أ) تسجيل لزلزال 21 ماي 2003 في محطة LVW Q زمبيا

ب) تسجيل لزلزال 21 ماي 2003 في محطة HRV-Q بأمريكا

الوثيقة (5) تسجيلات زلزال 21 ماي في محطتين مختلفتين من العالم

استغلال الوثائق:

1. اعتمادا على مبدأ عمل المسجل الزلزالي، حدد سبب تركيب ثلاثة أجهزة سيسمومتر في محطة تسجيل الزلازل ؟
2. ما هو الفرق بين السيسمومتر والسيسموغراف ؟
3. حلل التسجيلات المحصل عليها في الوثيقة (4) مرتبا الموجات الزلزالية حسب زمن وصولها إلى المحطة من جهة وحسب سعتها من جهة أخرى ؟
4. ما هي العلاقة بين سعة موجة الزلزال وسرعتها من جهة والعلاقة بين السعة وقوة التدمير من جهة أخرى ؟
5. حدد على الوثيقة (5-أ وب) الموجات P, S-(L+R) و4.
6. قارن تسجيلات الوثيقتين (4 و5). ماذا تستنتج ؟

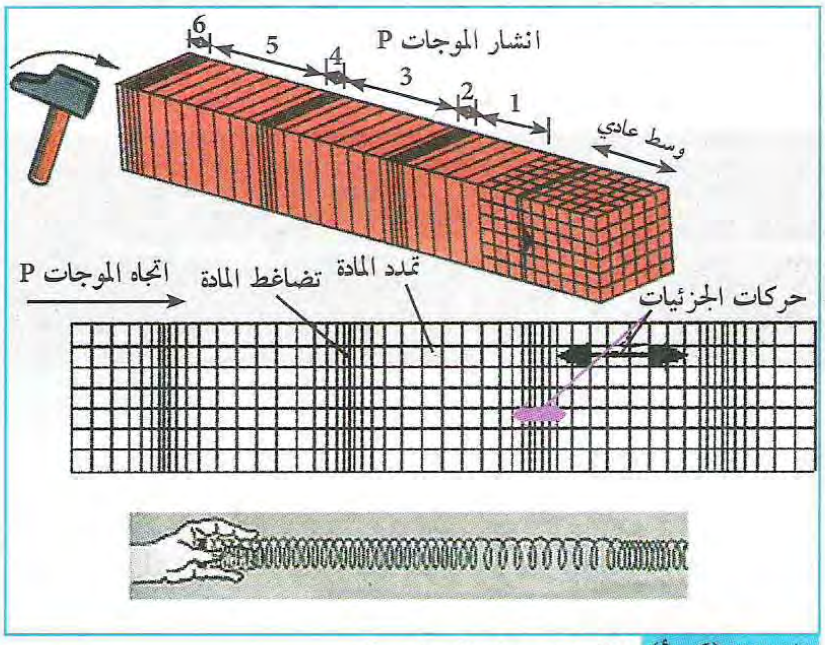
❸ نمط انتشار الموجات الزلزالية

ينتج عن الحركات الزلزالية موجات تنتشر في كل الاتجاهات حيث يمكننا ملاحظة نوعين منها:

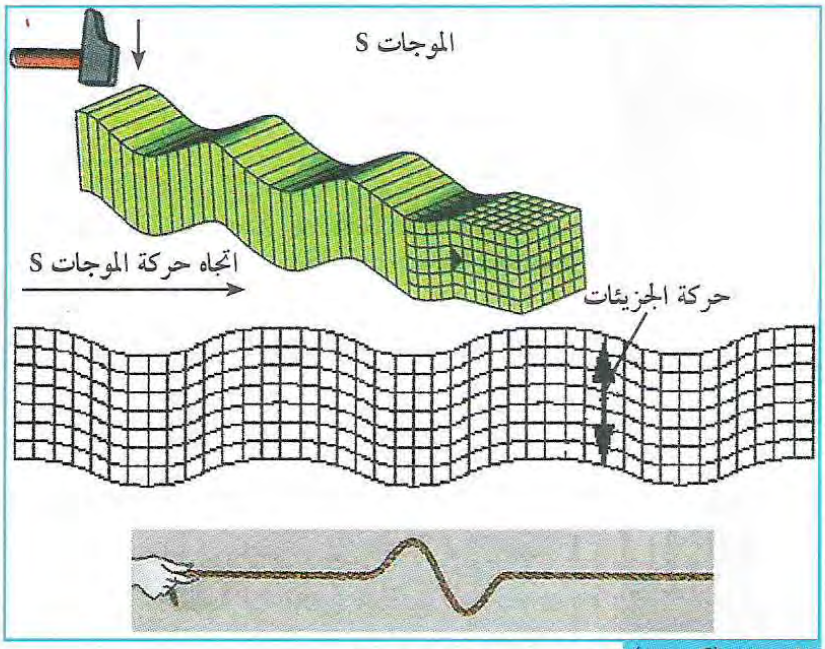
أ) **الموجات الحجمية**: وهي موجات تمر عبر الكرة الأرضية وتتمثّل في الموجات P وS.

1- الموجات P: تعتبر الموجات P أولية لكون سرعتها كبيرة، وتدعى بالموجات الطولية، لها القدرة على الانتشار في المواد السائلة، الصلبة والهواء، حيث تكون حركة الجزيئات موازية باتجاه الموجة.

تبين الوثائق المقابلة رسومات تخطيطية ومجسمات لطريقة انتشار الموجات الزلزالية في وسط معين.



الوثيقة (6-أ) نمذجة انتشار الموجات P

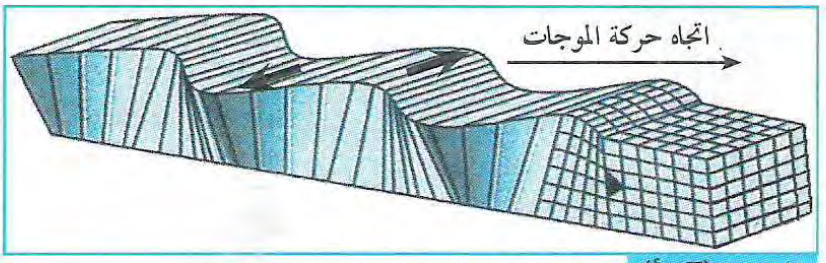


الوثيقة (6-ب) نمذجة انتشار الموجات S

2- الموجات S: تعتبر الموجات S ثانوية لكون سرعتها أقل من سرعة الموجات P، تتميز بالانتشار في المواد الصلبة فقط، وهي عبارة عن موجات عرضي قصية تكون حركة جزيئاتها متعامدة مع اتجاه الموجة

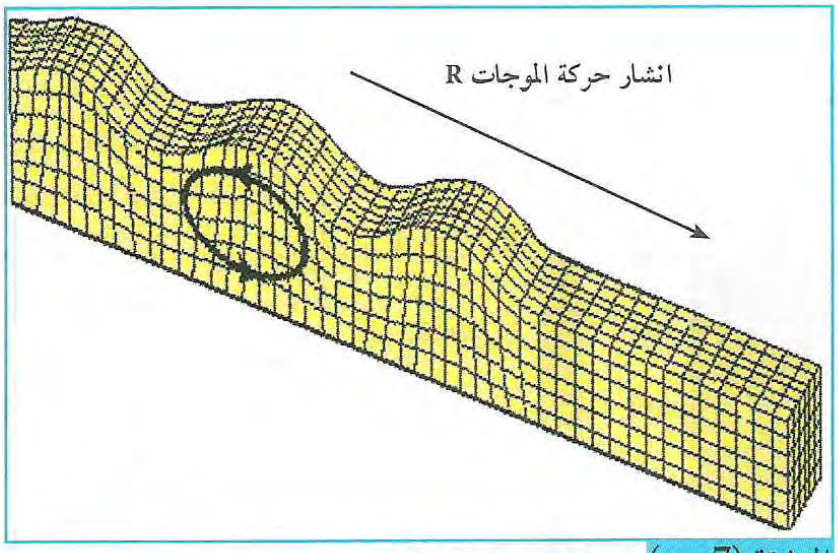
ب) **الموجات السطحية**: يكون انتشارها موازيا لسطح الأرض وتتمثّل في الموجات L. وR

1- الموجات L: تعتبر الموجات L أقل سرعة من الموجات P وS لكنّها ذات سعة كبيرة، تشبه حركتها حركة الموجات S بدون حركة عمودية، تتسبّب هذه الموجات في تحطيم قاعدة المباني.



الوثيقة (7-أ) كيفية انتشار الموجات L

2- الموجات R: تصل الموجات R بعد الموجات L. تكون حركتها معقدة عمودة وأفقية في نفس الوقت (إهليليجية)، تشبه حركة ذرة غبار تحملها موجة بحرية



الوثيقة (7-ب) كيفية انتشار الموجات R

استغلال الوثائق:

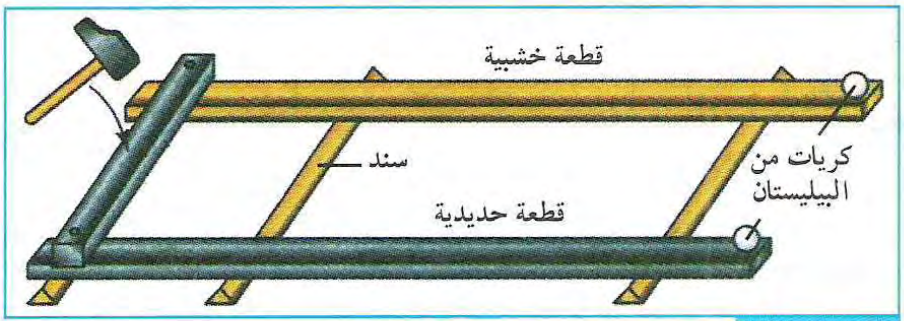
1. استخلص من الوثيقة (6-أ وب) طبيعة حركة الموجات P وS
2. نمذج انتشار الموجات الزلزالية P باستعمال نابض كما هو مبين في الوثيقة (6-أ).
3. نمذج انتشار الموجات الزلزالية S باستعمال نابض أو حبل كما هو مبين في الوثيقة (6-ب).
4. نمذج انتشار الموجات الزلزالية L وR برمي كتلة صلبة (حجر) في وسط سائل (ماء) ثمّ لاحظ انتشار الموجات.
5. باستغلال مبرمج sismicwaves أو sismolog أو مبرمج آخر من الأنترنيت قم بتسجيل ملاحظاتك حول انتشار مختلف الموجات الزلزالية على سطح الأرض وفي الأعماق. ماذا نستنتج ؟

* لخص في بضعة أسطر أهمّ خصائص الموجات الزلزالية.

4 العلاقة بين سرعة انتشار الموجات الزلزالية وطبيعة المواد

*** نمذجة العلاقة بين سرعة الموجات الزلزالية وطبيعة المادة:**

تجربة: خذ قطعة حديدية وأخرى خشبية طول كل منهما يفوق 3 م واربطهما من جهة بقطعة أخري حديدية. ضع فوق نهاية القطعتين كرتين من البيليستان ثم اضرب بواسطة مطرقة في وسط القطعة الحديدية الموصلة بين القطعتين.

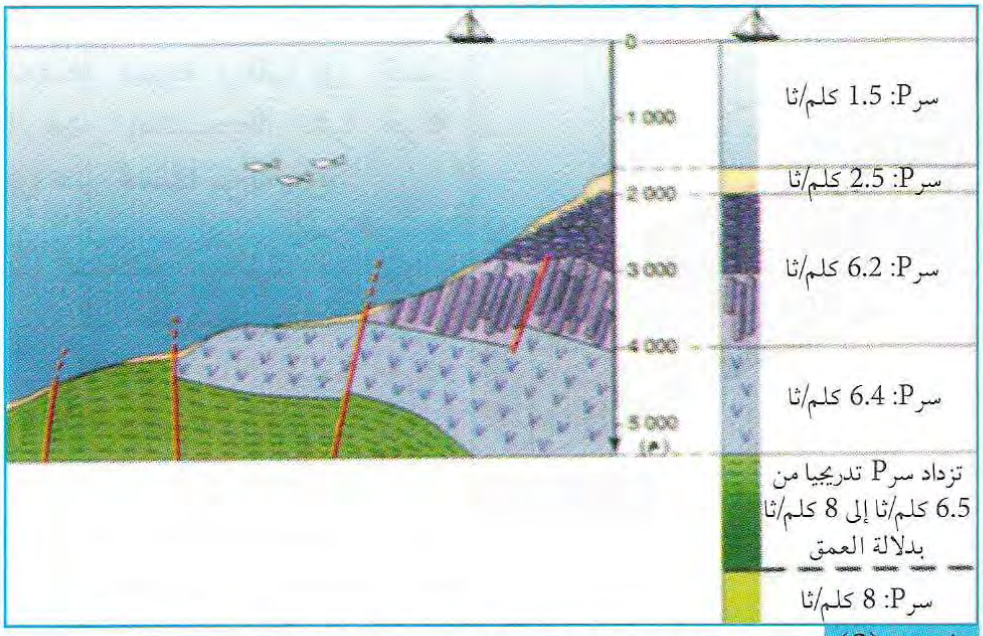


الوثيقة (8) تركيب تجريبي يسمح بدراسة العلاقة بين سرعة الموجات الزلزالية وطبيعة المادة

- سجل ملاحظاتك. ماذا تستنتج ؟

* العلاقة بين سرعة انتشار الموجات الزلزالية وطبيعة الصخور:

توصل العلماء إلى تحديد طبيعة الصخور انطلاقا من معاينة سرعة الموجات الزلزالية V_P في الخمس عشرة كيلومتر الأولى من عمق الأرض تحت المحيط الوثيقة (9).



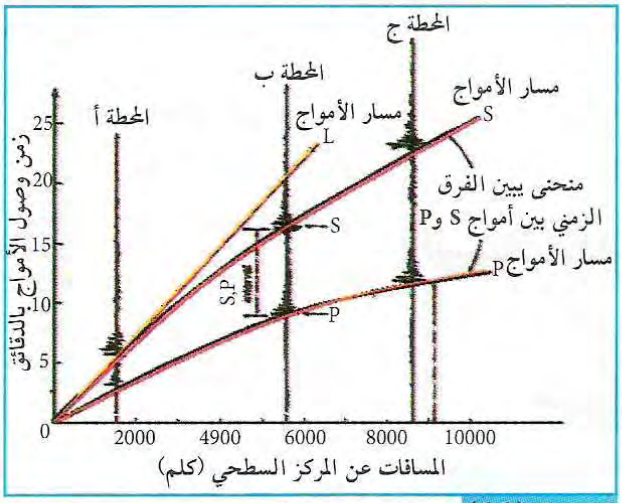
الوثيقة (9) قياس سرعة الموجات الزلزالية V_P في صخور قاع المحيط

كما أجريت قياسات فيزيائية تجريبية لسرعة الموجات الزلزالية V_P في مختلف صخور القشرة الأرضية، والتي تعتبر منطلقا لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية للطبقات الأرضية بدلالة العمق وذلك بطريقة مباشرة أو غير مباشرة الوثيقة (10).

نوع الصخر	غرانيت	بازلت	غابرو	بيريدوتيت
السرعة V_P (كلم/ثا)	6,24	6,73	7,25	7,75
الكثافة	2,65	2,90	3	3,2

الوثيقة (10) قياس سرعة الموجات الزلزالية V_P في صخور القشرة الأرضية

للتأكد من المعلومات المتوصل إليها سابقا نستعرض التجربة المبينة في الوثيقة (11) حيث نستغل منحنيات الموجات الزلزالية P، S، L المسجلة في ثلاث محطات مختلفة (أ، ب، ج) تقع على التوالي على بعد 1500 كلم، 6000 كلم، 9000 كلم من المركز السطحي للزلزال. حيث تم تمثيلها في معلم يتضمن زمن وصول مختلف الموجات الزلزالية بدلالة المسافة التي تفصلها عن المركز السطحي للزلزال.



الوثيقة (11) منحنيات مسار الأمواج الزلزالية بدلالة البعد عن المركز السطحي للزلزال

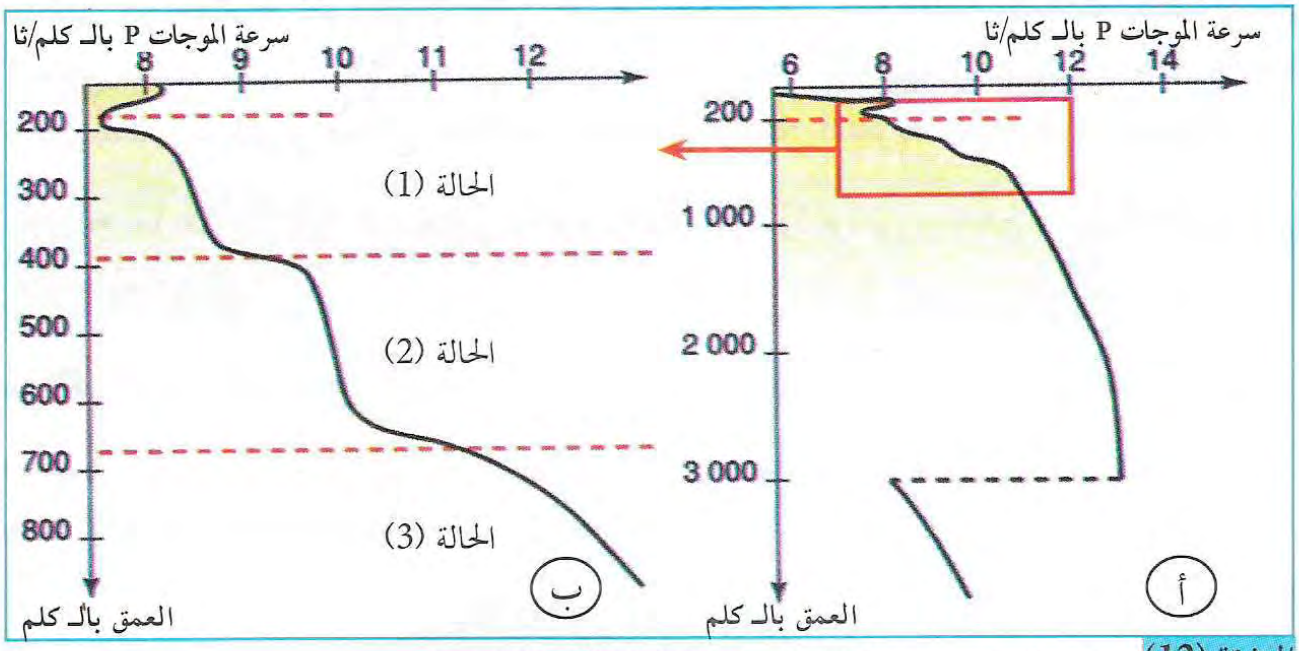
استغلال الوثائق:

1. حلل الوثيقة (9)، قارن النتائج المتوصل إليها بنتائج الوثيقة (8). ماذا تستنتج ؟
2. اقترح تفسيرا لاختلاف سرعة الموجات الزلزالية في الصخور الموضحة في (الوثيقة 10).
3. بناءا على نمط انتشار مختلف الموجات الزلزالية وباستغلال منحنيات الوثيقة (11)، عين على كل منحنى نقطتين متباعدتين من اختيارك ثم احسب سرعة انتشار الموجات الزلزالية P، S، L ماذا تستنتج؟

❺ العلاقة بين خصائص المواد وسرعة انتشار الموجات الزلزالية

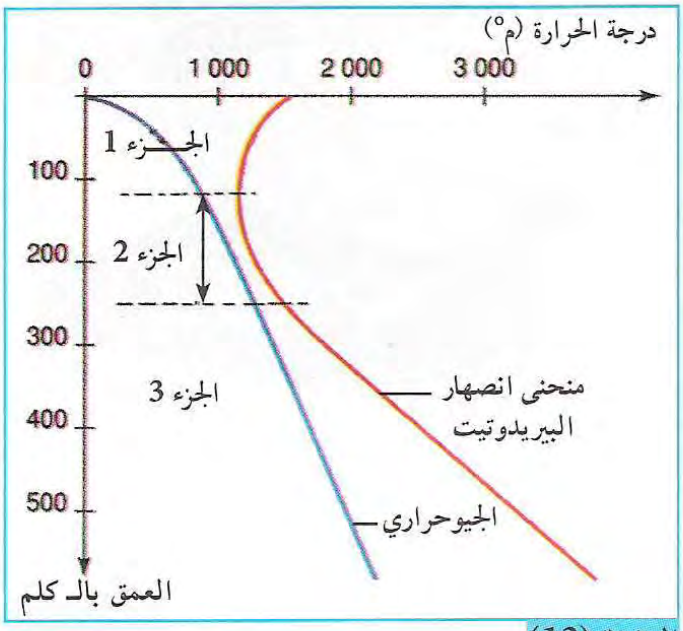
ترتبط سرعة انتشار الموجات الزلزالية بالحالة الفيزيائية والطبيعة الكيميائية لمختلف المواد المكونة للمستويات الأرضية التي تخترقها هذه الموجات.

لتفسير تغيرات سرعة الموجات الزلزالية بين عمق 40 و2900 كلم نقترح دراسة المنحنيات التالية:



الوثيقة (12) منحنى تغيرات سرعة انتشار الموجات الزلزالية P بدلالة العمق

بينت الدراسات المخبرية التي أجريت على صخر البيرودوتيت في ظروف متغيرة من الحرارة والضغط، أنه يمر بثلاث مراحل أساسية وذلك حسب حالته الفيزيائية (الصلبة، الانتقالية والمطاطية).



الوثيقة (13)

استغلال الوثائق:

1. حلل معطيات الوثيقة (12)، ماذا تستنتج فيما يخص تغيرات سرعة الموجات الزلزالية بدلالة العمق.
2. حلل الوثيقة (13) ثم استنتج الحالة الفيزيائية للجزء (1، 2، 3).
3. اعتمادا على الحالة الفيزيائية للبريدوتيت في الأجزاء السابقة، فسر تغيرات سرعة انتشار الموجات الزلزالية الموضحة في الوثيقة ؟
4. قارن بين الوثيقتين (12-ب و13)

* باستغلال نتائج المقارنة استخلص إذا العوامل المؤثرة في سرعة الموجات الزلزالية وأهم الانقطاعات في البنية الداخلية للأرض.

النشاط 2

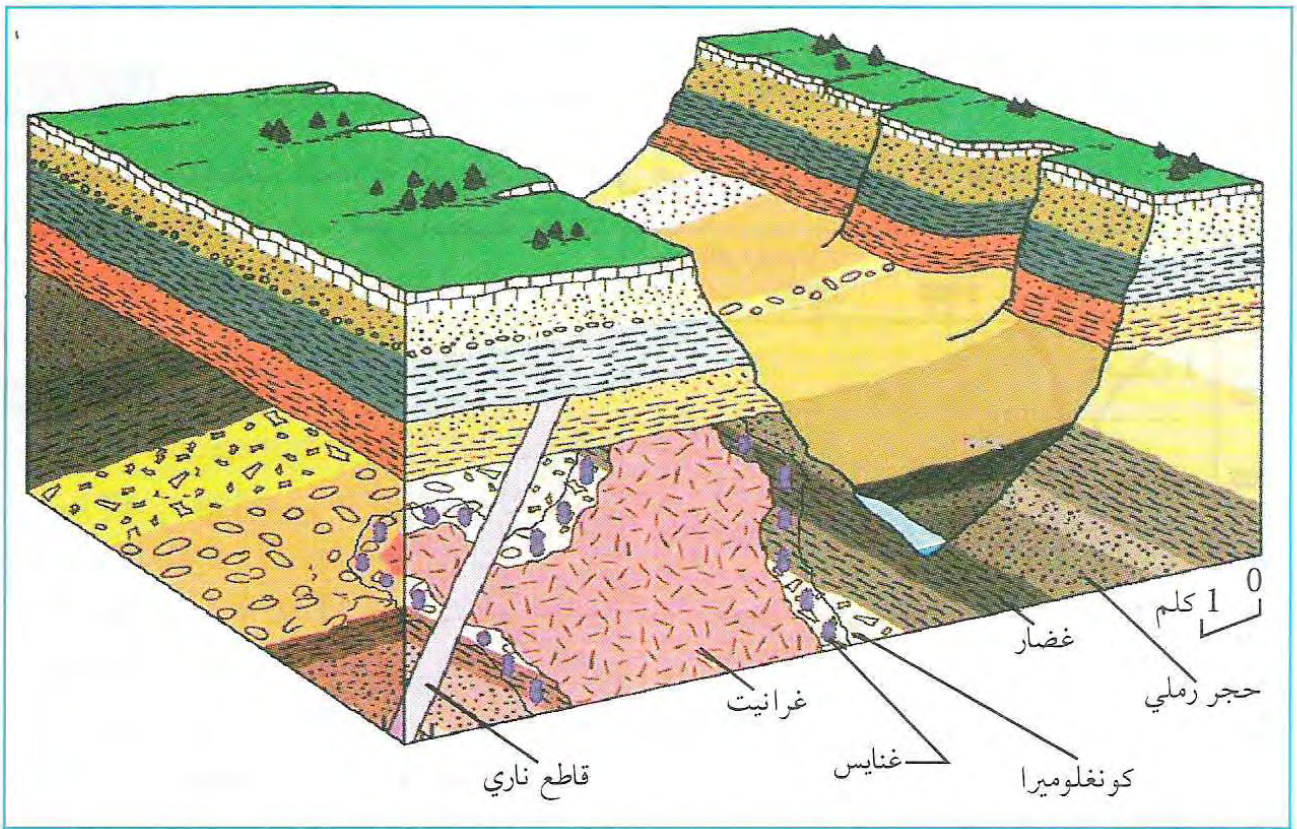
التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية والمعطف (البرنس)

تبين من النشاط السابق أن باطن الأرض يتكون من عدة أغلفة (طبقات) فوق بعضها البعض حيث يمكن التعرف على الجزء الخارجي منها كالقشرة والبرنس وذلك بتحديد تركيبهما الكيميائي والمعدني، أما الجزء الداخلي فيمكن التعرف عليه بطرق غير مباشرة.

➢ ما هي أنواع الصخور المكونة للقشرة والبرنس وما هو تركيبها الكيميائي والمعدني ؟

❶ التذكير بالمكتسبات القبلية

تعتبر الصخور الوحدة الأساسية الكونة للقشرة الأرضية نميز فيها عدة أنواع، مجسم الوثيقة (1) يوضح أهم أنواع هذه الصخور وكيفية تشكلها.



الوثيقة (1) مجسم لأهم صخور القشرة الأرضية

- بالاعتماد على معلوماتك وباستغلال مجسم الوثيقة (1) استخرج أنواع الصخور المكونة للقشرة الأرضية وحدد مراحل وكيفية تشكيلها.

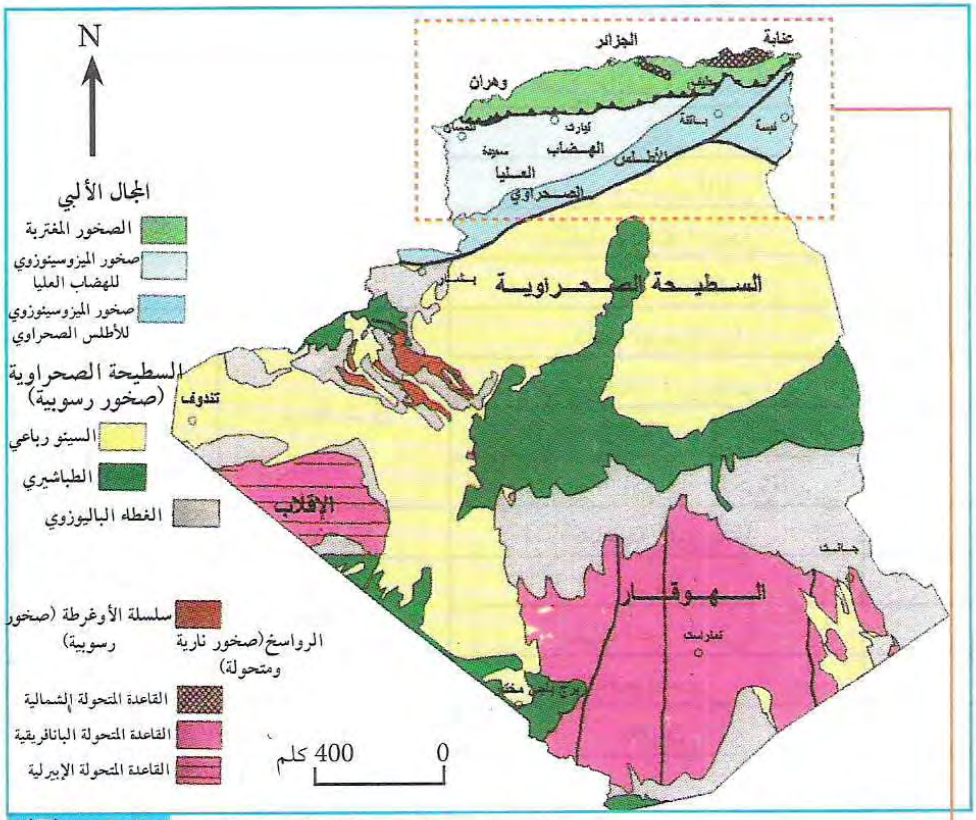
❷ دراسة صخور القشرة الأرضية

يتطلب إجراء هذه الدراسة القيام بزيارات ميدانية، ثم تستكمل للدراسة العملية في مخبريا:

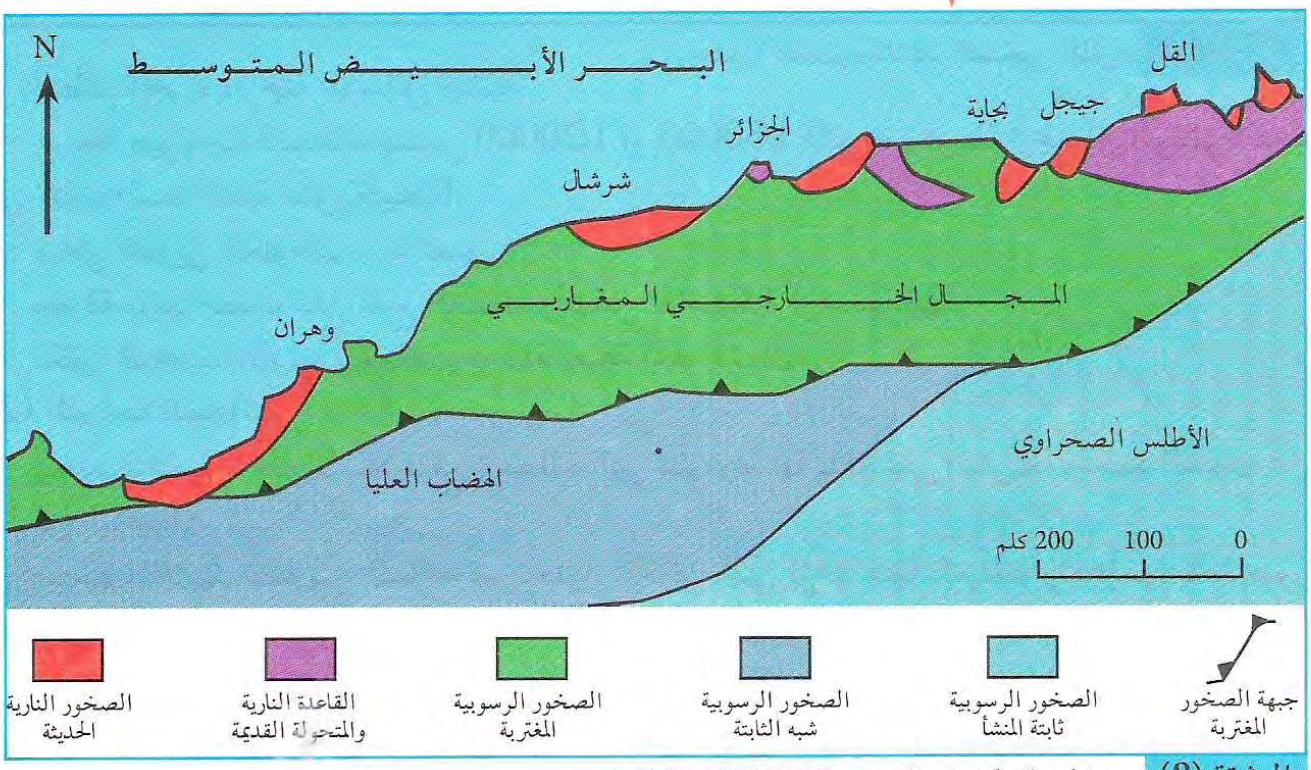
1) تحديد أماكن إجراء الزيارة الميدانية:

تظهر صخور القشرة القارية على مستوى المكاشف السطحية، حيث يمكن من خلالها جمع عينات وملاحظتها.

تبين الوثيقتين (7 و8) مكاشف الصخور النارية والمتحولة على مستوى القطر الجزائري بصفة عامة والتي يمكن إجراء رحلة إليها لدراسة مواد أرضية بارزة وجمع عينات.



الوثيقة (7) خريطة جيولوجية للقطر الجزائري



الوثيقة (8) تبين الخريطة مكاشف الصخور النارية في الشمال الجزائري

يبين الجدول الموالي المناطق الواقعة شمال الجزائر والصخور المكونة لها والتي يمكن إجراء زيارة ميدانية إليها:

الموقع			المنطقة	الصخور
الشمال الجزائري	الشرق الجزائري	الشمال القسنطيني	جبل الدوغ (عنابة)	غرانيت ± بازلت
			جبل فليفلة (سكيكدة)	غرانيت
			القل	غرانيت
			رأس بوغارون (القل)	غرانيت + بيرودوتيت
			الميلية، تاكسنة (جيجل)	غرانيتويد - بازلت- سربنتين
			أميزور (بجاية)	غرانيت
	الوسط الجزائري	وسط شرق	دلس (بومرداس)	بازلت
			رأس جنات (بومرداس)	بازلت
			القبائل الكبرى (عين الحمام)	غرانيتويد
			التنية - زموري- الكرمة	غرانيتويد
		وسط	العاصمة (بوزريعة)	غرانيتويد
		وسط غرب	شرشال	غرانيت
			مليانة (عين الدفلى)	ميكروغرانيت
	الغرب الجزائري	ضواحي وهران	حمام بوحجر	ريوليت
			فلاوسن	بازلت
		سعيدة	تيفريت	غرانيتويد
الجنوب الجزائري		الهقار	تامنغاست وضواحيها	غرانيتويد- بازلت
			الاقلاب	غرانيتويد- بازلت

جدول مختلف مكاشف الصخور النارية **الوثيقة (9)**

يتطلب إجراء الرحلة الوسائل التالية:

- خريطة جيولوجية للمنطقة بمقياس 1/20000 أو 1/50000 (لقراءة الخريطة ارجع إلى الوثائق المدمجة في كتاب السنة الثانية علوم طبيعية).
- كناش لتدوين المعلومات وآلة تصوير.
- مطرقة وزنها نصف كلغ لقلع العينات وأكياس بلاستيكية لوضعها فيها.
- مكبرة للتحديد الأولي للمعادن وبوصلة لمعرفة اتجاه الشمال.

2) الدراسة الميدانية:

يحدد التلاميذ برفقة الأستاذ موقع المنطقة التي تتم دراستها بدقة على الخريطة ويحدد الشمال عن طريق البوصلة.

يرسم التلاميذ تضاريس الموقع مع تحديد الأماكن التي تؤخذ منها العينات وتدعيمها بأخذ صور فوتوغرافية.

يحدد التلاميذ برفقة الأستاذ أنواع الصخور، كيفية توضعها. وذلك بقلع عينات خالية من التشوهات، يرقمونها ويضعونها في أكياس بلاستيكية مع تحديد الرقم على العينة، وعلى الخريطة والرسم التضاريسي وتدوينها في الكناش.

❸ خصائص بعض معادن صخور القشرة الأرضية والبرنس

خصائص المعادن المكونة لبعض لصخور النارية:

يتطلب إجراء الدراسة المخبرية التعرف على بعض خصائص معادن الصخور المكونة للقشرة الأرضية:

أ) الكوارتز SiO_2:

- النظام البلوري: سداسي.
- اللون: يبدو عديم اللون بالعين المجردة، وشفاف تحت المجهر بدون محلل، رمادي أبيض بالمحلل.
- الانفصام: عديم الانفصام.
- الشكل: ليس له شكل معين.
- التغير: غير قابل للتغير.
- المنشأ: له انتشار واسع النطاق في الصخور النارية الحمضية حيث يستعمل في التصنيف، الصخور الرسوبية الفتاتية كالحجر الرملي والصخور المتحولة كالغنايس والميكاشست.

الوثيقة (2) صورة لشريحة معادن الكوارتز تحت المجهر المستقطب بالمحلل

ب) الصفاح (الفلسبار):

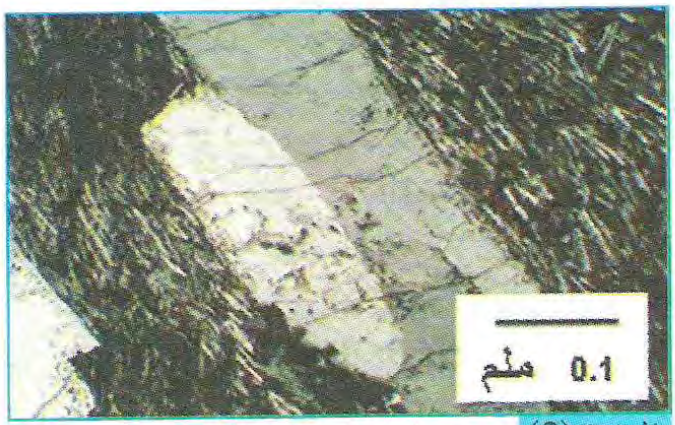
تشمل عائلة الصفاح مجموعتين:

مجموعة الفلسبار البوتاسي $(Si_3\ AlO_8\ (K,Na)$:

ممثلة بالأرتوز Orthose، الساندين Sanidine والميكروكلين Microcline.

مجموعة البلاجيوكلاز: $(Si_3\ AlO_8\ (Ca,Na)$:

- اللون: أبيض أو وردي بالعين المجردة، شفاف تحت المجهر بدون محلل ورمادي فاتح بالمحلل.
- الانفصام: يحتوي المعدن على انفصامين متعامدين، أحدهما غامض.
- الشكل: كامل الشكل أحيانا، يكون مستطيل أو موشوري،
- التوأمة: تكون بسيطة في الأرتوز والساندين، شبكية في الميكروكلين. ومركبة في البلاجيوكلاز.
- المنشأ: يتواجد في الصخور البركانية (ساندين والبلاجيوكلاز الكلسي) والصخور النارية الاندساسية كالغرانيت (أورتوز وميكروكلين والبلاجيوكلاز الصودي) وفي الصخور المتحولة كالغنايس(أورتوز وميكروكلين والبلاجيوكلاز الصودي).
- الالتباسات الممكنة: الكوارتز لا توجد به توائم.



الوثيقة (3) صورة لشريحة معادن الساندين تحت المجهر المستقطبت بالمحلل

الوثيقة (4) صورة لشريحة معادن بلاجيوكلاز تحت المجهر المستقطب

ج) البيروكسين:

ينقسم إلى مجموعتين: مجموعة معيني مستقيم ومجموعة أحادي الميل.

مجموعة المعيّن المستقيم L'Hypersthène $[SiO_3]$ (Fe,Mg)

مجموعة أحادي الميل: $(Ca,Mg,Fe,Al)_2$ $[(Si,Al)O_3]$ Augite

- اللون: عديم اللون وأحيانا أصفر بالعين المجردة.
- الانفصام: يتميز المقطع القاعدي بوجود عائلتان من الانفصامات بينهما زاوية 90 °.
- التضاريس: عالية.
- الشكل: شكل كامل مستطيل، موشوري أو متطاول.
- التغير: يتغير إلى كلوريت وإلى الهورنبلاند الخضراء.
- ألوان التداخل: تمتد من أصفر إلى الأزرق.

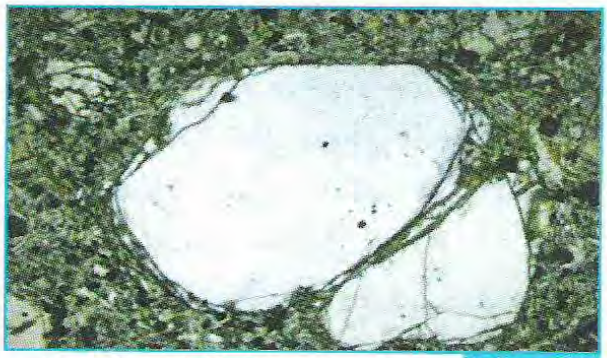
زاوية التعتيم: تتراوح بين $35 < \alpha > 45$.

الوثيقة (5) صورة لشريحة معادن أوجيت تحت المجهر المستقطب بدون محلل

- المنشأ: معدن عادي في الصخور البركانية القاعدية مثل الأنديزيت والبازالت وفي صخور البيرودوتيت.
- الالتباسات الممكنة: أوليفين: الانفصام، وجود تشققات، انكسار مزدوج عالي، تعتيم مستقيم.

د- الأوليفين $(SiO_4)(Fe,Mg)_2$:

- النظام البلوري: معين مستقيم.
- الشكل: موشوري، مسطح أو على شكل حبيبات دائرية.
- الانفصام: عديم الانفصام ولكن وجود تشققات أو تصدعات.
- التضاريس: عالية.
- اللون: عديم اللون، شفافية كاملة بدون محلل.
- ألوان: زاهية بالمحلل.
- زاوية التعتيم: $\alpha = 0$ عندما يكون التطاول واضحاً.
- التغير: إلى السربنتين (Serpentine).
- المنشأ: معدن أساسي في الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية كالبازالت والغابرو والبيريدوتيت.
- الالتباسات الممكنة:بيروكسين: وجود انفصامين.



الوثيقة (6) صورة لشريحة معادن الأوليفين تحت المجهر المستقطب بالمحلل

ملاحظة: يمكن الرجوع إلى كتاب العلوم الطبيعية والحياة للسنة الثانية ثانوي (شعبة علوم تجريبية) لمعرفة الخصائص الضوئية للمعادن تحت المجهر المستقطب.

3) الدراسة المخبرية:

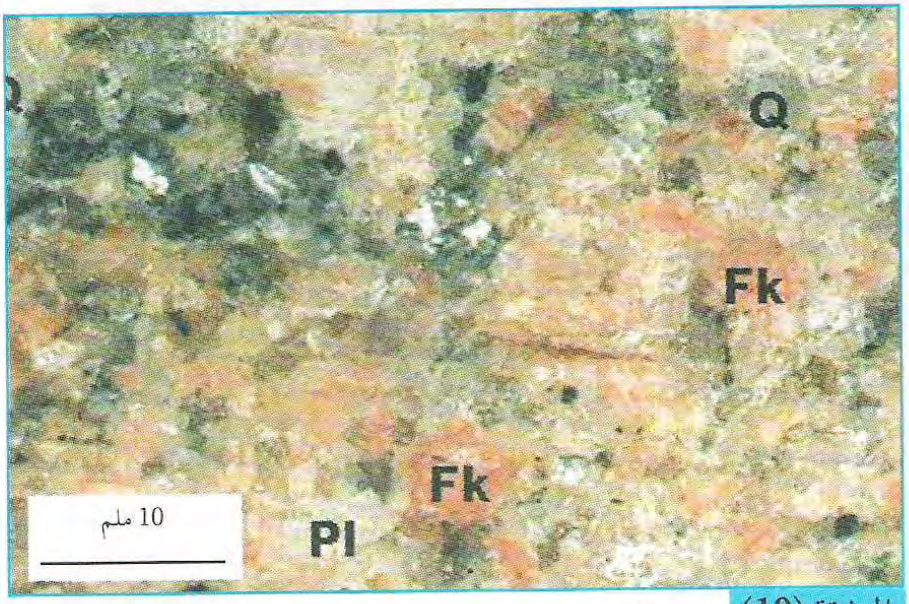
يقوم التلاميذ بفرز الصخور بمساعدة الأستاذ، وذلك عن طريق معرفة أنواع المعادن، ونسيج الصخور. تجرى هذه الدراسة على ثلاثة أنواع من الصخور وهي: الغرانيتويد، البازلت، البيرودويت، حيث أن مجموعة الغرانيتويد تضم الصخور النارية الحمضية والصخور المتحولة التي تكوّن أساسا القشرة القارية، يُدرس الغرانيت كمثال عنها، يُدرس البازلت الذي يكون أساسا القشرة المحيطية. ويُدرس البيريدوتيت الذي يكون البرنس.

⇦ دراسة صخر الغرانيت:

أ) الدراسة بالعين المجردة:

يظهر الغرانيت على السطح بعد تعرية السلاسل الجبلية على شكل كتل صخرية دائرية فاتحة اللون ذات امتداد واسع تحده صخور متحولة.

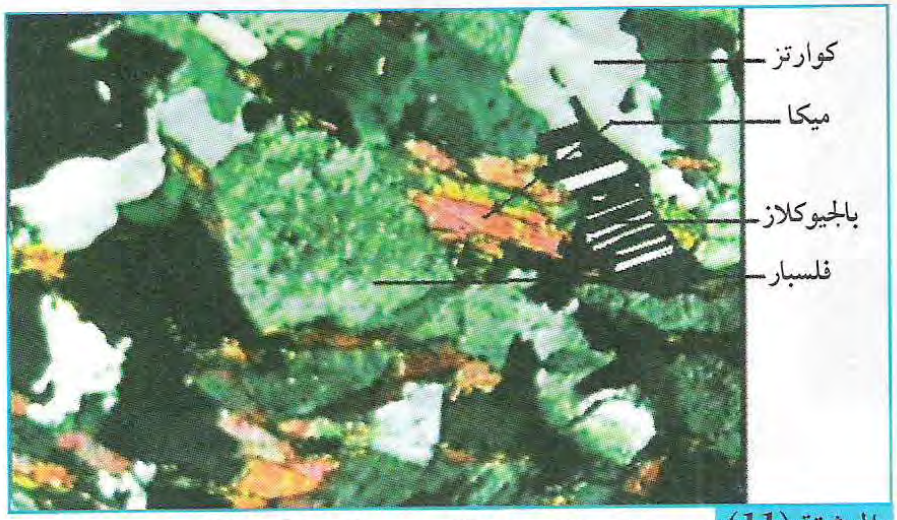
يعتبر الغرانيت صخرا ناريا حمضيا يتشكل من مجموعة من المعادن السيليكاتية.



الوثيقة (10) صورة لعينة من الغرانيت بالعين المجردة

ب) الفحص بالمجهر المستقطب:

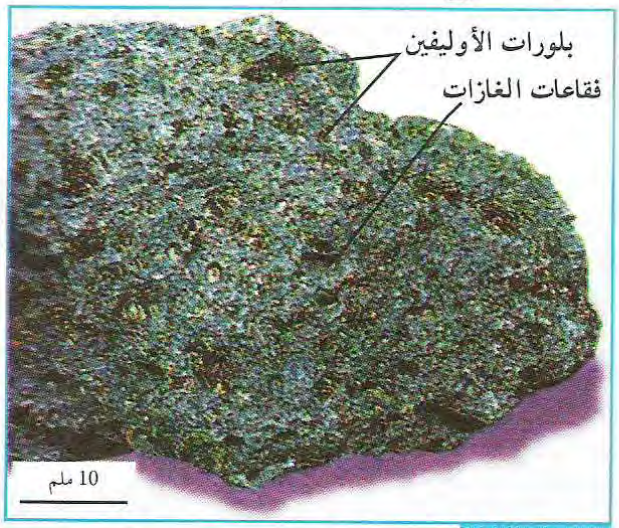
للتعرف على المعادن المكونة للغرانيت يجب إنجاز شرائح صخرية سمكها µ30 وملاحظتها بالمجهر الاستقطابي.



الوثيقة (11) صورة لشريحة صخر الغرانيت تحت المجهر المستقطب

⇦ **البازلت:**

صخر ناري بركاني قاعدي، يتشكل على سطح الكرة الأرضية، يدخل في تكوين القشرة المحيطية يتكون من وزجاج بركاني تسبح فيه معادن كبيرة من الأوليفين، البلاجيوكلاز ومعادن صغيرة تكوّن ما يسمى بالنسيج الميكروليتي.



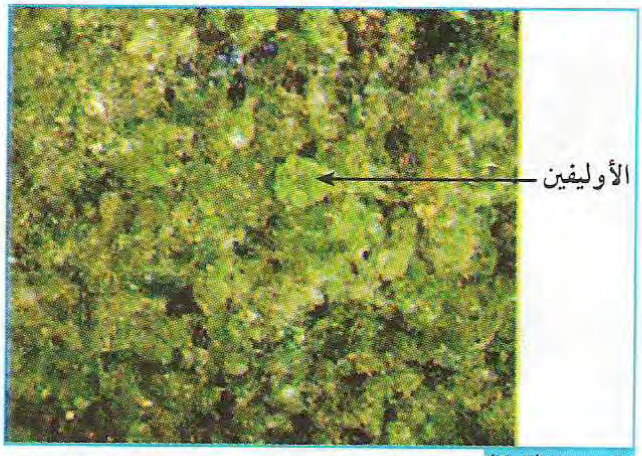
الوثيقة (12) صورة لعينة صخر البازلت بالعين المجردة

الوثيقة (13) صورة لشريحة صخر البازلت تحت المجهر المستقطب بالمحلل

تظهر صخور البازلت عادة محتويات من صخور عائمة ترى معادنها بالعين المجردة تدعى البيريدوتيت.

⇦ **البيريدوتيت:**

صخر ناري فوق قاعدي، يكون البرنس الأرضي، يتكون أساسا من معدن الأوليفين وقليلا من البيروكسين.



الوثيقة (14) صورة لعينة من صخر البيريدوتيت

الوثيقة (15) صورة لشريحة صخر البيريدوتيت تحت المجهر المستقطب

استغلال الوثائق:

1. باستغلال الوثائق السابقة قارن بين التركيب المعدني والنسيجي لصخور الغرانيتويد (الغرانيت) والبازلت والبيريدوتيت ؟
2. ما هي العلاقة بين نسيج هذه الصخور ومستويات التبرد على مستوى القشرة الأرضية والبرنس؟

4) دراسة التركيب الكيميائي والمعدني للصخور:

يسمح التحليل الكيميائي للصخور والدراسة المعدنية لها بتحديد أنواع الصخور الحامضية والقاعدية، حيث تكون الصخور القاعدية عاتمة لوجود نسبة عالية من المعادن الحديدية المغنيزية وتكون الصخور الحامضية فاتحة لاحتوائها على نسبة عالية من السيليس والأليمنيوم

نسب الأكاسيد	الغرانيتويد	البازلت	البيريدوتيت
SiO_2	70.37	49.81	44
Al_2O_3	14.70	16.17	2
Fe_2O,FeO	2.91	10.89	8.5
MgO	0.91	6.08	42
CaO	2.14	9.81	3
Na_2O	3.67	2.76	0.3
K_2O	4.10	0.90	0
	1.20	3.58	

جدول يمثل نسب الأكاسيد المكونة لصخور الغرانيتويد البازلت والبيريدوتيت **الوثيقة (16)**

نسبة المعدن في الصخر	الغرانيتويد (الغرانيت)	البازلت	البيريدوتيت
الكوارتز	21		
الفلسبار البوتاسي	41.8	9	
البلاجيكلاز	27.3	15	
الميكا	7		
الأوليفين		10	71.28
البيروكسين		10	28.71
الزجاج البركاني		55	

جدول يمثل نسب المعادن المكونة لصخور الغرانيتويد البازلت والبيريدوتيت **الوثيقة (17)**

استغلال الوثائق:

1. حلل نسب الأكاسيد والمعادن في كل من الغرانيتويد، البازلت والبيريدوتيت ؟ ماذا تستنتج ؟
2. باستغلال نسب العناصر الكيميائية من جهة وألوان المعادن من جهة ثانية حدد ألوان الصخور الثلاثة (الغرانيتويد، البازلت والبيريدوتيت).

* لخص في نص علمي الخصائص المعدنية والكيميائية لكل من الغرانيتويد، البازلت والبريدوتيت ثم استنتج منشأها (مكان تشكلها) داخل القشرة الأرضية.

النشاط 3

نمذجة البنية الداخلية للكرة الأرضية

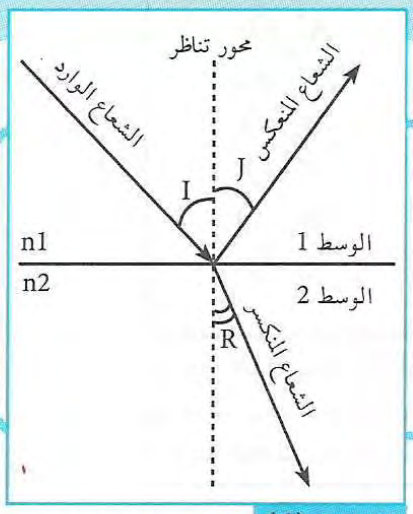
سمحت دراسة انتشار الموجات الزلزالية بتحديد المستويات الداخلية للكرة الأرضية ومكوناتها، كما استعملت طرق أخرى مكنت من تحديد هذه المستويات.

➢ ما هي الطرق الكيميائية والفيزيائية التي استعملها العلماء لتحديد مختلف مستويات الكرة الأرضية وتركيبها الكيميائي ؟

❶ قوانين فيزيائية

قانون ديكارت: لدينا وسطان مختلفان (1 و2) لهما قرينة انكسار مختلفة (n1، n2) حيث تكون:

- زاوية الشعاع الوارد (I) = زاوية الشعاع المنعكس (J).
- زاوية الشعاع المنكسر (R) مختلفة عن زاوية الشعاع الوارد (I).



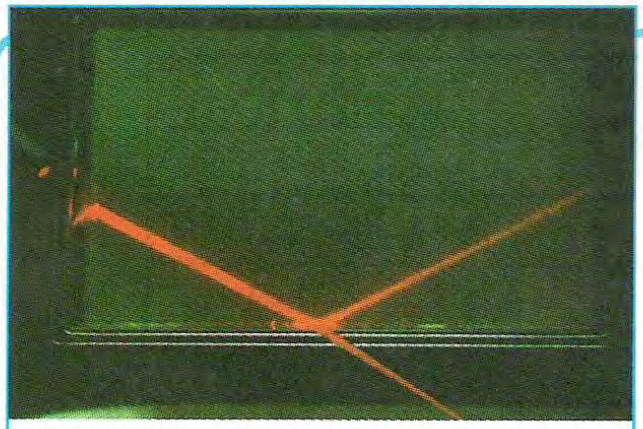
الوثيقة (1) انعكاس وانكسار الضوء

❷ نمذجة انحراف الموجات الضوئية

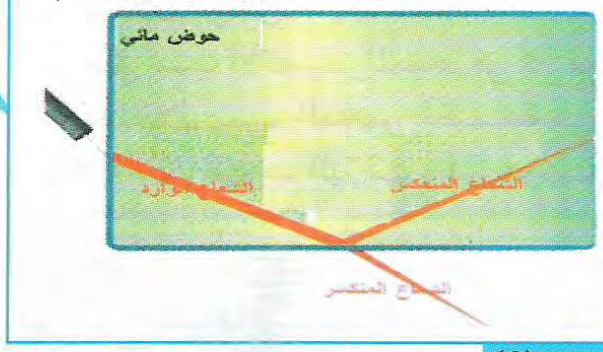
تجربة: تمثل الوثيقة الموالية مسار شعاع ليزر يخترق حوضا مملوء بماء عاتم.

استغلال الوثائق:

1. اعتمادا على معلوماتك حول الضوء ومعطيات الوثيقة (1)، استنتج قوانين انعكاس وانكسار الضوء.
2. استنتج مفهوم انعكاس وانكسار الضوء.
3. علل سلوك شعاع الليزر في وسطي الوثيقة (2)؟



سرعة الضوء في الهواء: 300000 كلم/ثا
سرعة الضوء في الماء: 231000 كلم/ثا



الوثيقة (2) نمذجة انتشار الضوء في وسطين مختلفين في قرينة الانكسار

❸ نمذجة منطقة الظل الزلزالية

تنطلق مَن بؤرة الزلزال موجات زلزالية تستقبلها عدة محطات في مختلف بقاع العالم، مهما كان موقع المركز السطحي للزلزال فإن الموجات P وS لا تستقبل في المحطات الموجودة في المناطق المحصورة بين 11500 كلم و14500 كلم من بؤرة الزلزال.

• فكيف يفسر اختفاء هذه الموجات في هذه المناطق ؟

لفهم سبب اختفاء الموجات (P وS) في بعض المحطات نقترح إجراء التجربة الموضحة في الوثائق (3، 4، 5):

⇦ الوسائل:

- قلم ليزر.
- علبة دائرية كبيرة الحجم قطرها 25 سم.
- علبة دائرية صغيرة الحجم قطرها 15 سم.
- سائل (ماء).

⇦ التجربة:

1) نرسل من قلم الليزر شعاعا يمر عبر العلبة الكبيرة (الوثيقة 4)، ثم نلاحظ.

2) نضع في وسط العلبة الكبيرة علبة صغيرة تكون مملوءة بسائل (ماء).

3) نرسل من قلم الليزر شعاعا يمر عبر العلبة الكبيرة، ثم يصطدم بجدار العلبة الصغيرة، ثم نلاحظ (الوثيقة 5).

ملاحظة: من الأفضل أن تجرى التجربة في غرفة عاتمة.

شريحة بلاستيكية تسمح ملاحظة شعاع الليزر وتمنع تبعثره داخل القاعة
المنقلة تسمح قياس منطقة الظل
قضيب زجاجي محرك قطره 4 ملم وارتفاعه 25 ملم يعمل على شكل تبعثر أشعة الليزر
علبة بيتري تلصق الصغيرة داخل الكبيرة تملأ الصغيرة بالماء بينما تبقى الكبيرة
قلب الليزر مثبت على اللوح

الوثيقة (3) مكونات تجربة منطقة الظل الزلزالي

الوثيقة (4) تجربة منطقة الظل الزلزالي في وسط متجانس

الوثيقة (5) تجربة منطقة الظل الزلزالي في وسطين مختلفين

⊂ استغلال الوثائق:

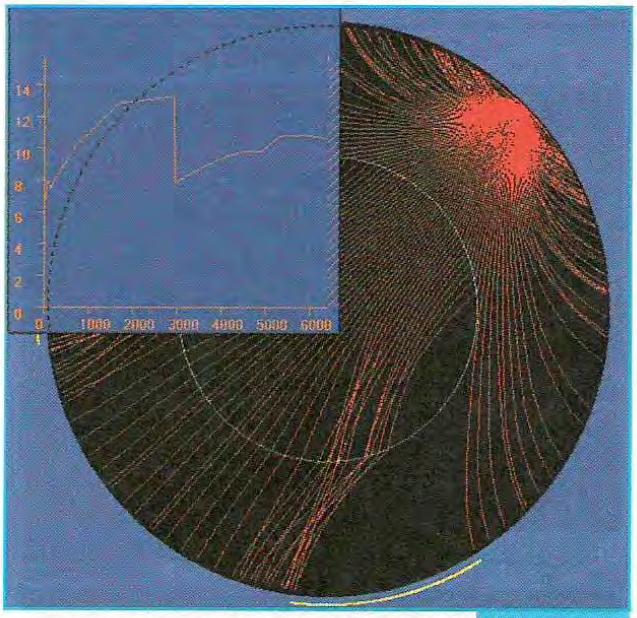
بالاستعانة بالتركيب التجريبي للوثيقتين (4 و5)

1. حلل مسار شعاع الليزر المتحصل عليه، ماذا تستنتج ؟
2. هل سُجّل شعاع الليزر على مختلف نقاط سطح العلبة الكبيرة في التركيب التجريبي للوثيقة (5) ؟
3. قس الزاوية المتشكلة بين شعاع الليزر وآخر شعاع منعكس.
4. قس الزاوية المتشكلة بين شعاع الليزر وأول شعاع منكسر.
5. علل اختفاء شعاع الليزر بين الزاويتين اللتين تم قياسهما. ماذا تستنتج ؟

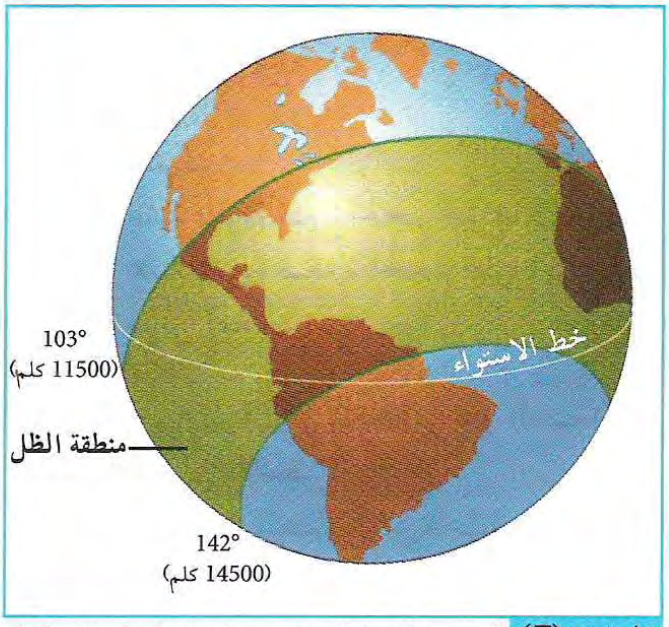
❹ معاينة تسجيلات انتشار الموجات P

بينت دراسة انتشار الموجات الحجمية (P) داخل الكرة الأرضية بعد حدوث زلزال وقع باليابان أن التسجيلات تمت في مختلف بقاع العالم باستثناء منطقة تقع ضمن حزام يمتد على مسافة قدرها 2500كلم. ولفهم هذه الظاهرة نستغل مبرمج محاكات (ondesp) الذي يستعمل المعطيات الزلزالية لنمذجة البنية الداخلية للكرة الأرضية. لمصممه: **Académie d'Amiens.france - j.f. Madre**، يسمح هذا المبرمج بملاحظة إنتشار الموجات P إثر حدوث زلزال، ومعاينة إنتشار الموجات الزلزالية بدلالة العمق، حيث تظهر الموجات P المنكسرة على سطح الأرض ابتداءا من عمق 14500 كلم.

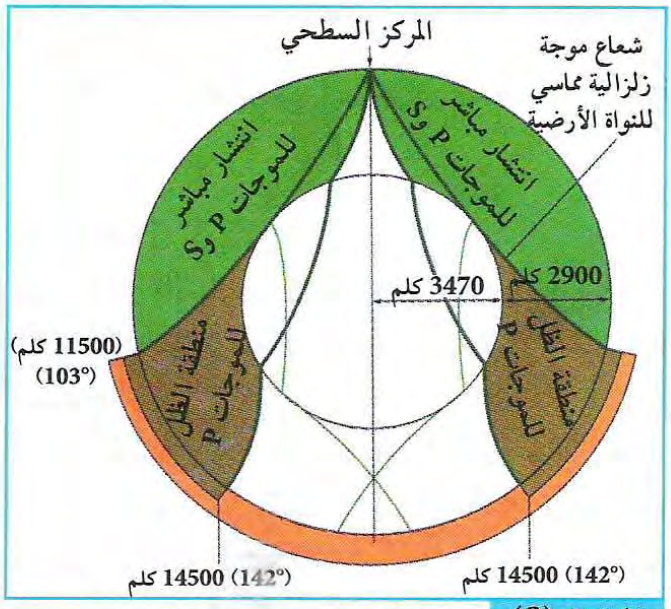
تسمح هذه الدراسة بالحصول على المعطيات الموضحة في الوثائق (6، 7، 8):



الوثيقة (6) مقطع في الكرة الأرضية يوضح انتشار الموجات الزلزالية في باطن الأرض على اثر الزلزال الذي حدث في اليابان



الوثيقة (7) تحديد منطقة الظل على خريطة العالم على إثر زلزال اليابان

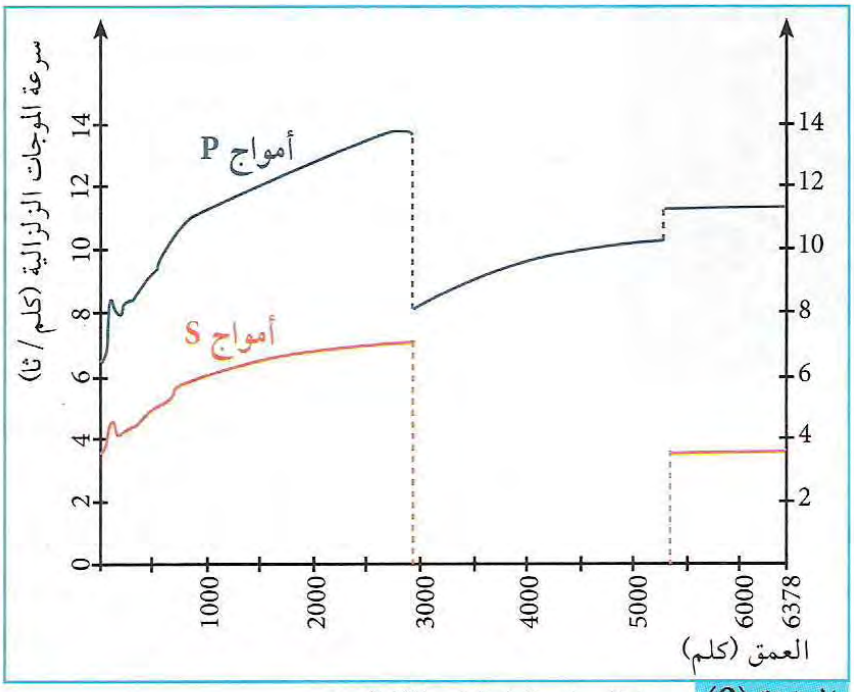


الوثيقة (8) مقطع في الكرة الأرضية يبين انتشار الأمواج P

❺ استغلال الوثائق:

1. باستغلال نتائج تجارب النمذجة، حدد سبب اختفاء الموجات P الواقعة بين مسافة 11500 كلم و14500 كلم من المركز السطحي للزلزال ؟
2. حلل منحنى سرعة الموجات P (الوثيقة 6).
3. اعتمادا على الوثيقتين (7 و8)، ماذا تستنتج من خلال معاينة مسار الموجات P داخل الكرة الأرضية ؟

❺ سرعة انتشار الموجات الزلزالية P وS بدلالة العمق



الوثيقة (9) سرعة الموجات الزلزالية بدلالة العمق

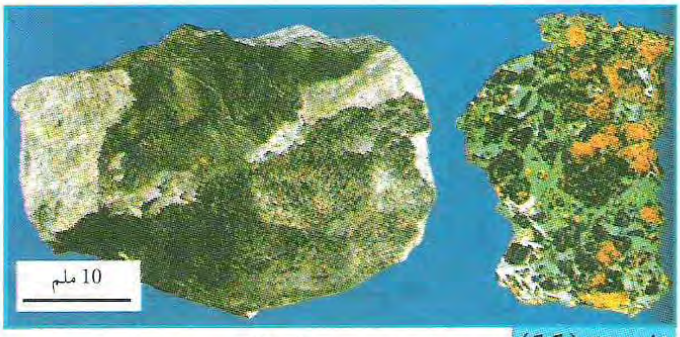
بينت تحاليل السيسموغراف المسجلة في مختلف محطات الاستقبال تغيرات مفاجئة لسرعة انتشار الموجات الزلزالية. كما هو موضح في الوثيقتين (9 و10)، اللتان تبينان سرعة انتشار الموجات الزلزالية P وS بدلالة العمق في البرنس والنواة.

الوثيقة (10) منحنى يبين العلاقة بين سرعة الموجات الزلزالية بدلالة العمق والمعادن في البرنس

استغلال الوثائق:

1. باستغلال الوثيقة (9)، حلل منحنيي انتشار الموجات الزلزالية P وS داخل الكرة الأرضية.
2. باستغلال مسار الموجات الزلزالية P وS (الوثيقة (9)، حدد عدد وحدود الطبقات المكونة للكرة الأرضية.
3. حدد الحالة الفيزيائية للطبقات اعتمادا على خصائص انتشار الموجات الزلزالية S في الأوساط.
4. حلل منحنى الوثيقة (10)، ماذا تستنتج ؟

❻ تحديد الطبيعة الكيميائية للمواد المكونة للبرنس والنواة



الوثيقة (11) صورة لعينات من النيازك

- بينت الدراسات الجيوفيزيائية وجود ثلاث مستويات أرضية تتمثل على التوالي في البرنس، النواة الخارجية والنواة الداخلية؛ لتحديد الطبيعة الكيميائية للمواد المكونة للبرنس والنواة يمكن استعمال النيازك أو تجربة Birch.

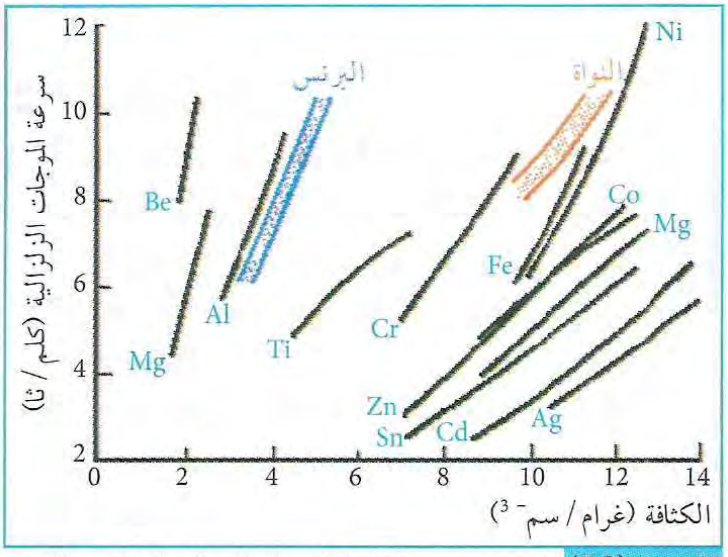
1) تصدر النيازك عن الحزام الذي يقع بين كوكبي المريخ وزحل وتمثل الكوندريت 85% منها.

- بينت التحاليل الجيوكيميائية التي أجريت على النيازك (الكوندريت) أنها تبدي نفس تركيب الكواكب الصخرية (الأرض) لكونها تشكلت من نفس المواد ولها نفس العمر، وتختلف النيازك عن الأرض في كونها غير متمايزة. تتوزع نسب المواد المكونة للكرة الأرضية على النحو التالي: 1% القشرة، 74% البرنس، 25% النواة.

الأرض	سيليكات (الأوليفين + البيروكسين): 75% والعناصر الثقيلة غير المعروفة: 25%
الكوندريت	سيليكات (الأوليفين + البيروكسين): 75%، الباقي تحتوي على حديد: 20%، 5% (Fe. + Ni + S + P)

يبين الجدول المقابل دراسة مقارنة بين العناصر الكيميائية المكونة للأرض والنيازك (الكوندريت).

2) تجربة **Birch**: أجريت قياسات سرعة موجات التصادم على عناصر كيميائية (Fe, Cr, Al, Mg, Na) تحت عاملي الضغط والحرارة المتغيرين والمماثلين لظروف البرنس والنواة. سمحت هذه القياسات بإنشاء مجموعة من الخطوط التي تمثل سرعة انتشار الموجات الزلزالية بدلالة كثافة هذه العناصر.

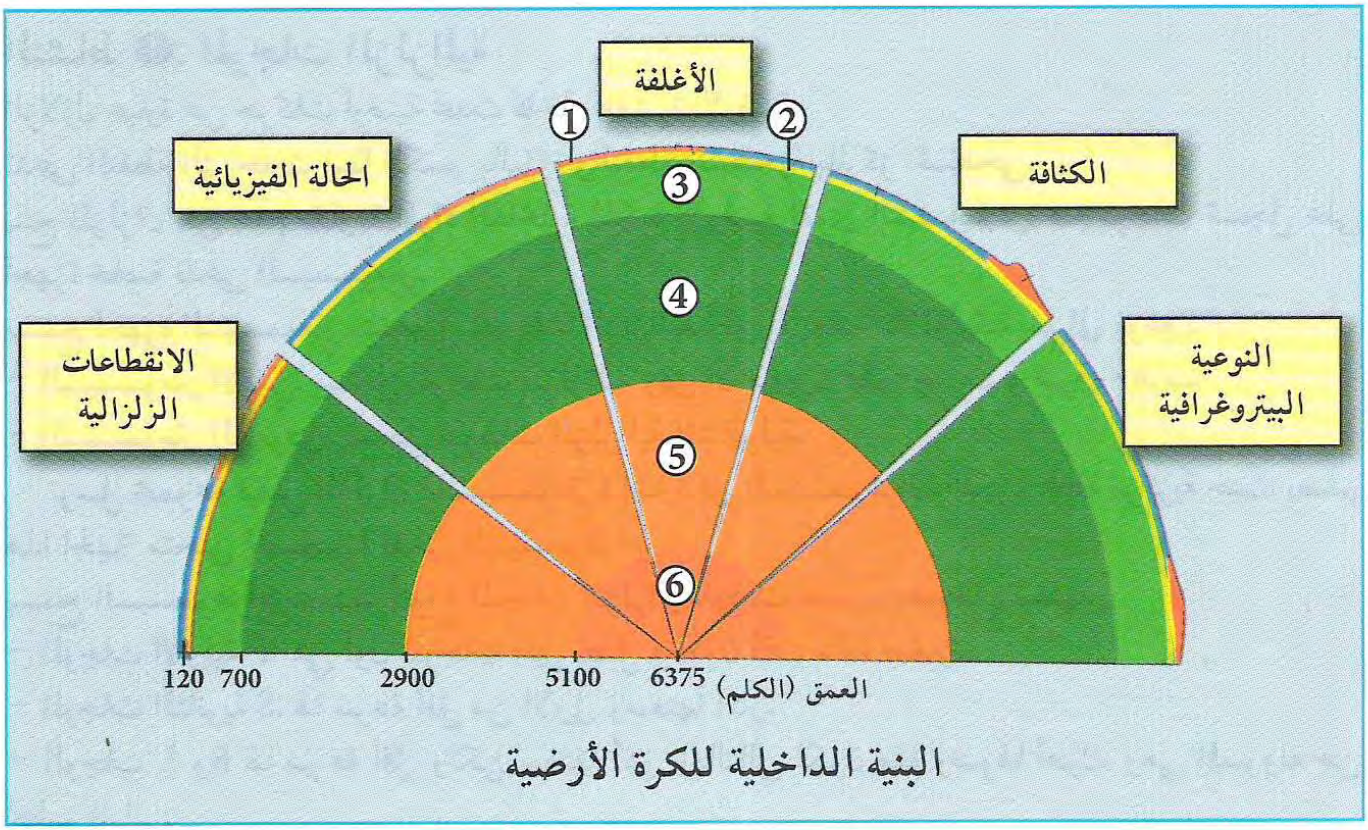


الوثيقة (12) العلاقة بين سرعة انتشار الموجات الزلزالية في كل من البرنس والنواة وسرعة موجات التصادم في بعض الأجسام الكيميائية

استغلال الوثائق:

1. قارن بين مكونات كل من الأرض والكوندريت.
2. انطلاقا من المقارنة السابقة ومعطيات الوثيقة (12)، حدد العناصر المكونة للبرنس والنواة، ماذا تستخلص من ذلك.
3. حدد الطبيعة الفزيائية للنواة، علما أن المواد المكونة للبرنس عازلة والمواد المكونة للنواة ناقلة للكهرباء.

مخطط تحصيلي



البنية الداخلية للكرة الأرضية

- أنقل المخطط على كراسك باستعمال ورق شفاف، ثم تعرف على أغلفة الأرض بوضع البيانات على الأرقام (1، 2، 3، 4، 5، 6).
- حدد على المخطط في كراسك الحالة الفيزيائية وكثافة مختلف أغلفة الأرض.
- حدد على المخطط مكان الانقطاعات الزلزالية اعتمادا على المعلومات التي توصلت إليها.
- استخلص النوعية البيتروغرافية لمختلف أغلفة الأرض.

* أنجز مجسما لبنية الكرة الأرضية على شكل طبقات اعتمادا على المعارف المبنية خلال الوحدة.

الحصيلة المعرفية

النشاط ❶: الموجات الزلزالية

الزلازل عبارة عن حركات أرضية تحدث داخل القشرة الأرضية.

تدعى النقطة التي حدث فيها الكسر بالبؤرة والنقطة السطحية بالمركز السطحي.

ينتج الزلزال عن عدم مقاومة المواد الداخلية للكرة الأرضية لقوى الشد وتنبثق عنه موجات تسجل على أجهزة خاصة تدعى السيسمومتر.

تسمح أجهزة السيسمومتر بتسجيل الموجات الزلزالية وفق الأبعاد الثلاثة وتنقسم إلى نوعين:

- السيسمومتر الأفقي: يسجل الموجات الزلزالية وفق الاتجاهين: شمال-جنوب و شرق -غرب
- السيسمومتر العمودي: يسجل الموجات الزلزالية الشاقولية.

ترسل مجموعة قياس الزلزال (السيسمومتر) إشارة إلى السيسموغراف المكون لمحطة مركزية حيث يصدر هذا الجهاز منحنى (تسجيل) يدعى السيسموغرام.

يسمح السيسموغرام بتحديد أنواع الموجات الزلزالية، وذلك حسب وصولها وسعتها.

- الموجات الأولية P: هي أول الموجات التي تصل وتكون ذات سعة صغيرة.
- الموجات الثانوية S: لها سرعة أقل من الأولى وسعتها أكبر.
- الوجات L وR لها سرعة أقل ولكن سعتها أكبر وبالتالي تكون مدة وصولها أطول، وهي المسؤولة عن تحطيم المباني.

تنتشر الموجات P وS في جميع الاتجاهات ولذا تدعى بموجات الحجم.

تعتبر الموجات P موجات طولية من النوع التضاغطي التمددي، تنتشر في كل من الأوساط الصلبة والسائلة وتسجل بشكل جيد على السيسمومتر الشاقولي.

الموجات S: هي موجات عرضية (قصية) تنتشر في الأوساط الصلبة فقط، تسجل بشكل جيد على السيسمومتر الأفقي.

الموجات L وR: تنتشر فوق سطح الأرض، تسجل بشكل جيد على السيسمومتر الأفقي.

تنتشر الموجات P وS داخل الكرة الأرضية، تتوقف سرعتها على الطبيعة الكيميائية والحالة الفيزيائية للمادة التي تخترقها.

تتوقف سرعة الأمواج الزلزالية على:

- كثافة الوسط حيث تزداد مع زيادة كثافة المواد التي تخترقها.
- ضغط الوسط حيث تزداد مع زيادة ضغط الأوساط التي تخترقها.
- حرارة الوسط حيث تزداد مع زيادة حرارة الأوساط التي تخترقها.

تكون سرعة الموجات الزلزالية في من نفس التركيب الكيميائي، أكبر في الحالة السائلة منه في الحالة الصلبة.

النشاط ❷: التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية والبرنس (المعطف)

تُكوّن صخور الغرانيتوويد القشرة القارية، تتكون أساسا من صخور نارية حمضية وصخور متحولة وصخور رسوبية، تمثل الصخور النارية الحمضية أساسا صخر الغرانيت الذي تشكل داخل القشرة الأرضية، له نسيج بلوري ويتكون من المعادن الكوارتز الفلسبار والميكا، فهو صخر اندساسي حمضي، حيث يدخل عنصر السيليس في تركيب الغرانيت بنسبة 70% ويدخل الألمنيوم بنسبة 15%، لذا تعتبر القشرة القارية غنية بالسيليس والألمنيوم وتسمى سيال (Sial).

يمثل صخر البازلت القشرة المحيطية، له نسيج ميكروليتي (بلورات كبيرة من الأوليفين والبيروكسين وبلورات دقيقة من البلاجيوكلاز تسبح في زجاج بركاني)، لذا يعتبر البازلت صخر بركاني قاعدي.

يدخل عنصر السيليس في تركيب البازلت بنسبة 49%، والألمنيوم بنسبة 15% المعادن الحديدية المغنيزية بنسبة 20%، لذا تعتبر القشرة المحيطية فقيرة بالسيليس وغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم وتسمى سيما (Sima).

يُكوّن صخر البيريدوتيت البرنس، لونه أخضر داكن له نسيج بلوري، يتكون أساسا من معدن الأوليفين، لذا يعتبر صخرا ناريا فوق قاعدي.

يدخل عنصر السيليس في تركيب البيريدوتيت بنسبة 44% والمغنيزيوم بنسبة 42% والحديد بنسبة 8.5%، لذا تعتبر صخور البرنس فقيرة بالسيليس وغنية بالحديد والمغنيزيوم.

النشاط ❸: نمذجة البنية الداخلية للكرة الأرضية

يتكون باطن الأرض من أغلفة دائرية ذات خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة تحدها انقطاعات.

يتكون الغلاف العلوي من قشرة صلبة حجمها أقل من 2%، وينقسم إلى قسمين:

- القشرة القارية: تتكون من صخور رسوبية، صخور نارية حمضية غرانيتية وصخور متحولة.
- القشرة المحيطية: تتكون أساسا من البازلت وهو صخر ناري قاعدي.

بيّن مسار الموجات الزلزالية P أن الغلاف الثاني يتمثل في البرنس، الذي ينقسم إلى برنس علوي وبرنس سفلي.

ينقسم البرنس العلوي بدوره إلى جزء علوي وجزء سفلي.

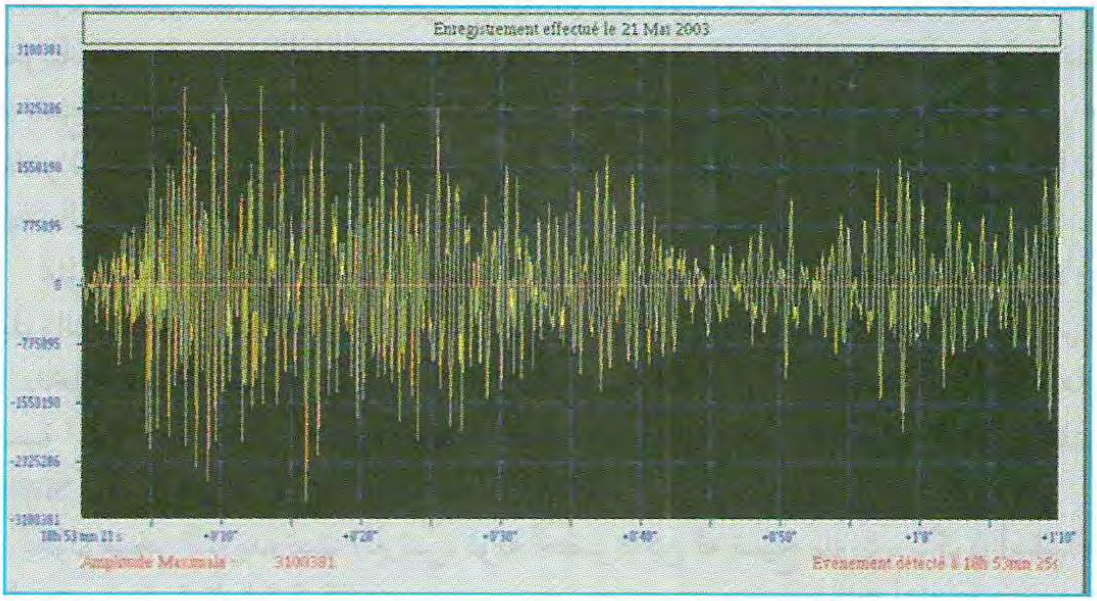
تكوّن القشرة القارية والجزء العلوي من البرنس العلوي الليتوسفير وهي طبقة صلبة قابلة للانكسار تمثل الألواح التكتونية، وتمثل الجزء السفلي للبرنس الأستينوسفير.

بيّنت مقارنة المكونات الكيميائية لكل من الأرض والنيازك من جهة والتجارب المخبرية على العناصر الكيميائية من جهة ثانية أن البرنس يتركب أساسا من البيريدوتيت وهو سيليكات الألومينيوم، الحديد والمغنيزيوم ويشكل أكبر نسبة من الكرة الأرضية 81%، وله سلوك جسم صلب.

يتكون الغلاف الثالث من النواة، حيث تشكل نسبة 17% من الحجم الكلي للكرة الأرضية وهي غنية بالحديد والنيكل. بين انتشار الموجات الزلزالية S أن النواة تنقسم إلى نواة خارجية سائلة ونواة داخلية صلبة.

أستثمر معارفي وأوظف قدراتي

التمرين 1



على إثر زلزال 21 ماي 2003 الذي وقع بالجزائر على الساعة 18 و44 دقيقة تم تسجيل الموجات الزلزالية في مختلف محطات العالم منها محطة موناكو التي وصلتها الموجات الأولية على الساعة 18 و53 دقيقة و21 ثا.

1. عين على الرسم كل من الموجات P، S وL + R.

2. إذا اعتبرنا أن سرعة الموجات P = 6.5 كلم /ثا، حدد المسافة التي تفصل المحطة عن المركز السطحي للزلزال.

3. حدد زمن وصول الموجات S إذا اعتبرنا أن سرعتها تقدر بـ 4 كلم/ثا.

التمرين 2

على إثر زلزال وقع في منطقة الشلف في 10 أكتوبر 1980، تم تسجيل زمن وصول الموجات P في محطات مختلفة حسب الجدول الموالي:

محطات استقبال الموجات	المسافة (كلم)	زمن وصول الموجات P (ثا) المنعكسة	زمن وصول الموجات P (ثا) المنكسر
1	20	3.5	
2	30	5.5	
3	40	7.2	12.7
4	56	10	14.6
5	135	24.1	
6	280	49	42.7
7	400	72	57.7

1. ارسم منحني الموجات الزلزالية المنعكسة والمنكسرة (المسافة بدلالة الزمن).
2. فسر المنحنيين.
3. احسب سرعة الموجات P في المحطتين 1 و5.
4. احسب سرعة الموجات P في المحطتين 3 و4.
5. علل النتائج المتوصل إليها في السؤالين 2 و3.
6. ارسم مسار الموجات الزلزالية P آخذا بعين الاعتبار أغلفة الكرة الأرضية.

التمرين 3

خرج باحث جيولوجي مختص في علم البيتروغرافيا من جامعة قسنطينة إلى منطقتي رأس بوغارونة وتاكسنة الواقعتين على التوالي في ولايتي القل وجيجل، حيث أثر ثلاث عينات (أ، ب، ج)

بينت الدراسة بالعين المجردة أن العينة (أ) فاتحة اللون وتتميز بوجود معادن متساوية الحجم، وأن العينة (ب) تتميز بلون أسود داكن ووجود معادن كبيرة محاطة بمعادن دقيقة يربطهما زجاج بركاني، أما العينة الثالثة فتتميز بلون أخضر زيتي ومعادن متساوية الحجم.

قام الباحث بعد عودته إلى المخبر بقطع شرائح دقيقة من هذه العينات سمكها 30µm، ثم قام بإجراء دراسة مجهرية عليها.

يبين الجدول الموالي أهم المعادن المكونة لهذه الصخور:

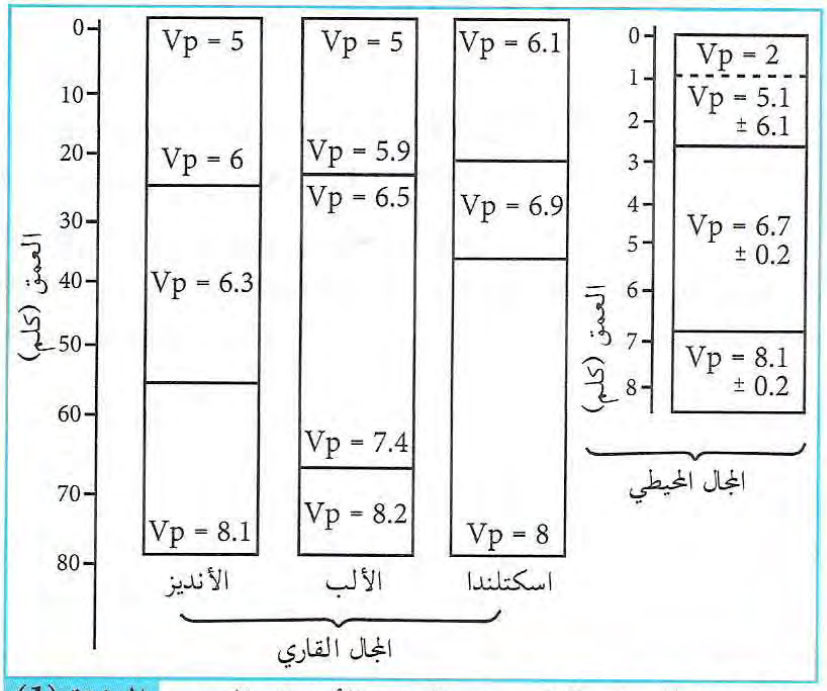
الصخر	المعادن	النسيج
أ	كوارتز + فلسبار + بلاجيوكلاز + أومفيبول + ميكا	
ب	المعادن الكبيرة : أوليفين + بيروكسين + بلاجوكلاز المعادن الدقيقة : (ميكروليت) الزجاج البركاني	
ج	أوليفين + بيروكسين	

1. بناءا على معلوماتك حول أماكن تواجد الصخور في الجزائر حدد الصخر المميز لكل منطقة.
2. حدد أنواع الصخور (أ، ب وج)، وما هو نسيجها ؟
3. حدد على رسم تشكيلي عام منشأ هذه الصخور.

التمرين 4

قام العلماء باجراء قياسات لسرعة الموجات P في وسط المحيط الأطلسي، اسكتلاندا، جبال الألب وجبال الأنديز وذلك باستعمال طريقة تعرف بالزلزالية الإنكسارية (Sis-mique réfraction) قصد تحديد البنية الداخلية للأرض.

دوّنت النتائج المتحصل عليها في الوثيقتين (1 و2).



الوثيقة (1) سرعة انتشار الموجات P في بعض القشرة الأرضية والبرنس

أنماط الصخور	سرعة الموجات P	الكثافة
رسوبات غير متماسكة	$1.5 < V < 2.5$	1.7
رسوبات غير متماسكة	$3.5 < V < 5.5$	2.5
غرانيت	$5.6 < V < 6.3$	2.65
صخور متحولة	$6.5 < V < 7.6$	2.7
بازلت	$4 < V < 5.8$	2.9
غابرو	$6.5 < V < 7.1$	3
بيريدوتيت	$7.9 < V < 8.4$	3.2

الوثيقة (2) سرعة انتشار الموجات P في بعض الصخور

1. اعتمادا على الاختلاف في سرعة الموجات الزلزالية حدّد انقطاع موهو على الأعمدة الأربعة ثم قارن عمقه في المجالين (المحيطي والقاري). ماذا تستنتج ؟

2. باستغلال الوثيقتين (1 و2)، قدّم فرضية حول طبيعة الصخور المتواجدة تحت الانقطاع وفوقه.

3. قارن سمك المجال القاري بسمك المجال المحيطي، ماذا ستنتج ؟

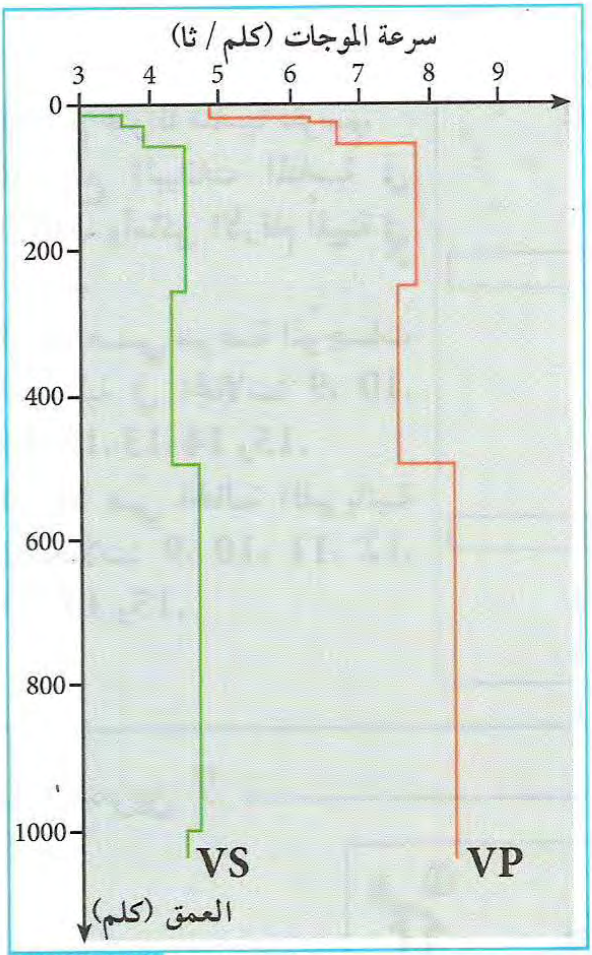
التمرين 5

مكنت التجارب الزلزالية التي أجرتها حملة Apollo على سطح القمر من وضع نموذج لانتشار الموجات الزلزالية P وS بالنسبة لـ 1000 كلم الأولى علما أن نصف قطر القمر يقدر بـ 1738 كلم.

أظهرت الموجات S تباطؤا ابتداء من عمق 1000 كلم كما بينت قياسات الكثافة وجود نواة مركزية قدر نصف قطرها بـ 300 كلم.

يبين الجدول الموالي سرعة الموجات الزلزالية P في بعض الصخور الأرضية:

الصخور	البازلت	البيريدوتيت
سرعة الموجات P (كلم/ثا)	6.7	7.7



الوثيقة (1) سرعة الموجات P وS في القمر

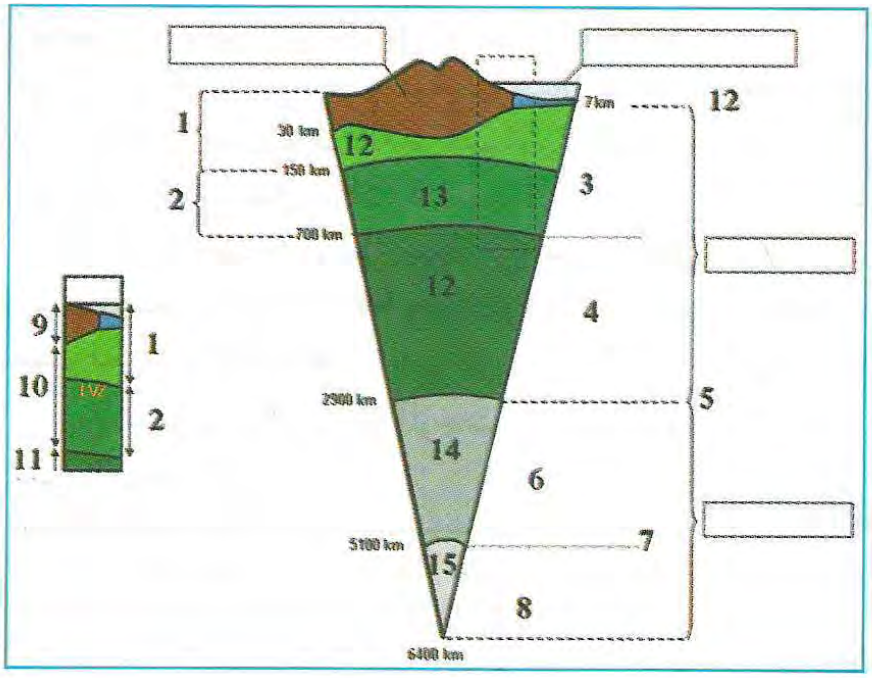
1. حلل منحنيات انتشار الموجات الزلزالية.

2. اعتمادا على معطيات الوثيقة (1) قارن بين سرعة ومسار انتشار الموجات الزلزالية القمرية والأرضية. ماذا تستنتج ؟

3. انطلاقا من الأغلفة الأرضية التي تتشكل من البيريدوتيت والبازلت، استنتج ما يقابلها على سطح القمر اعتمادا على سرعة الموجات الزلزالية بدلالة العمق.

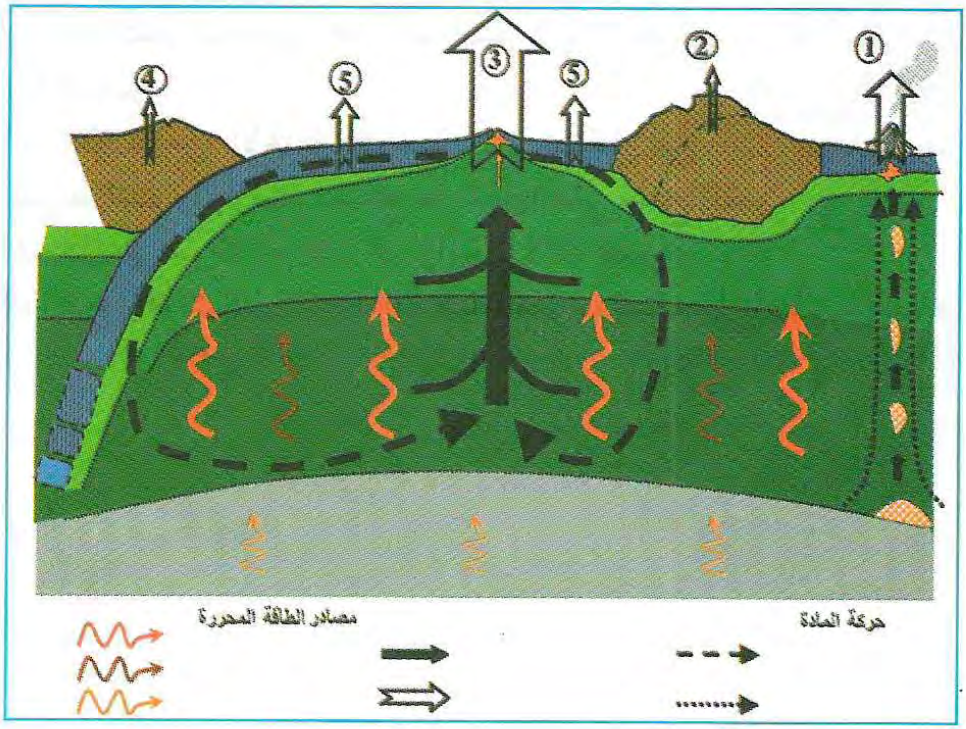
4. اقترح رسما تشكيليا للبنية الداخلية للقمر معتمدا على المعطيات السابقة.

التمرين 6



1. ضع عنوانا مناسبا للرسم.
2. ضع البيانات المناسبة في الخانات وأماكن الأرقام المبينة في الرسم.
3. ما هي سرعة الموجات الزلزالية في المجالات: 9، 10، 11، 12، 13، 14 و15.
4. ما هي الحالة الفيزيائية للمجالات: 9، 10، 11، 12، 13، 14 و15.

التمرين 7



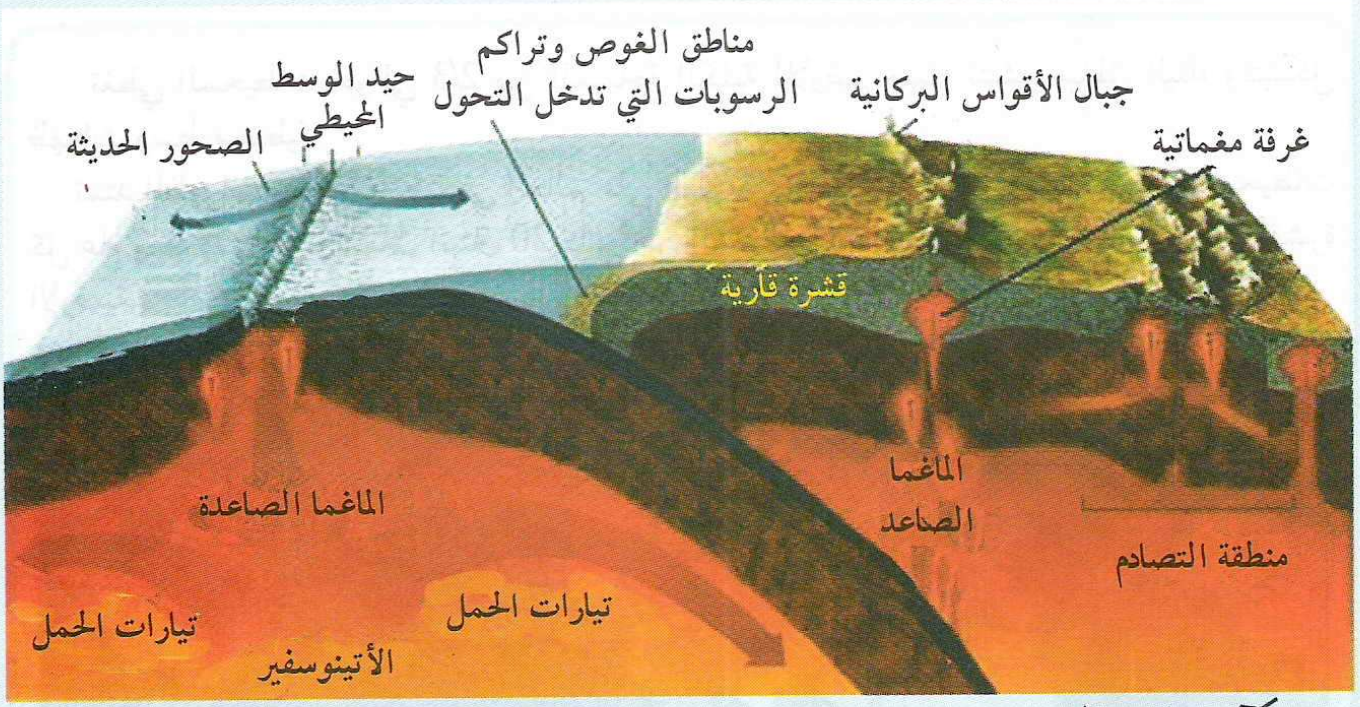
1. ضع عنوانا مناسبا للرسم.
2. ضع البيانات المناسبة مكان الأرقام المبينة في الرسم.
3. ماذا تمثل الأسهم المبينة على الرسم.

الوحدة 3

النشاط التكتوني والبنيات الجيولوجية المرتبطة به

إن حدود الصفائح التكتونية عبارة عن مناطق نشطة تتم على مستواها حركات تباعديه، تقاربيه أو إزاحية، وتنشأ على مستواها تضاريس مميزة.

➢ ما هي الظواهر الجيولوجية المرتبطة بهذه المناطق، وكيف نفسر التضاريس الناشئة عنها ؟



عناصر الوحدة

1. الظواهر المرتبطة بالبناء (خصائص الظهرات وسط محيطية).
2. المغماتية وتشكل اللوح المحيطي.
3. تشكل التضاريس المميزة للظهرة وسط محيطية.
4. الظواهر المرتبطة بالغوص.
5. اختفاء اللوح المحيطي والظواهر المرتبطة بالغوص.
6. التضاريس الناجمة عن التصادم.
7. شواهد التقلص
8. التضاريس الناجمة عن التصادم

النشاط 1

الظواهر المرتبطة بالبناء
(خصائص الظهرات وسط محيطية)

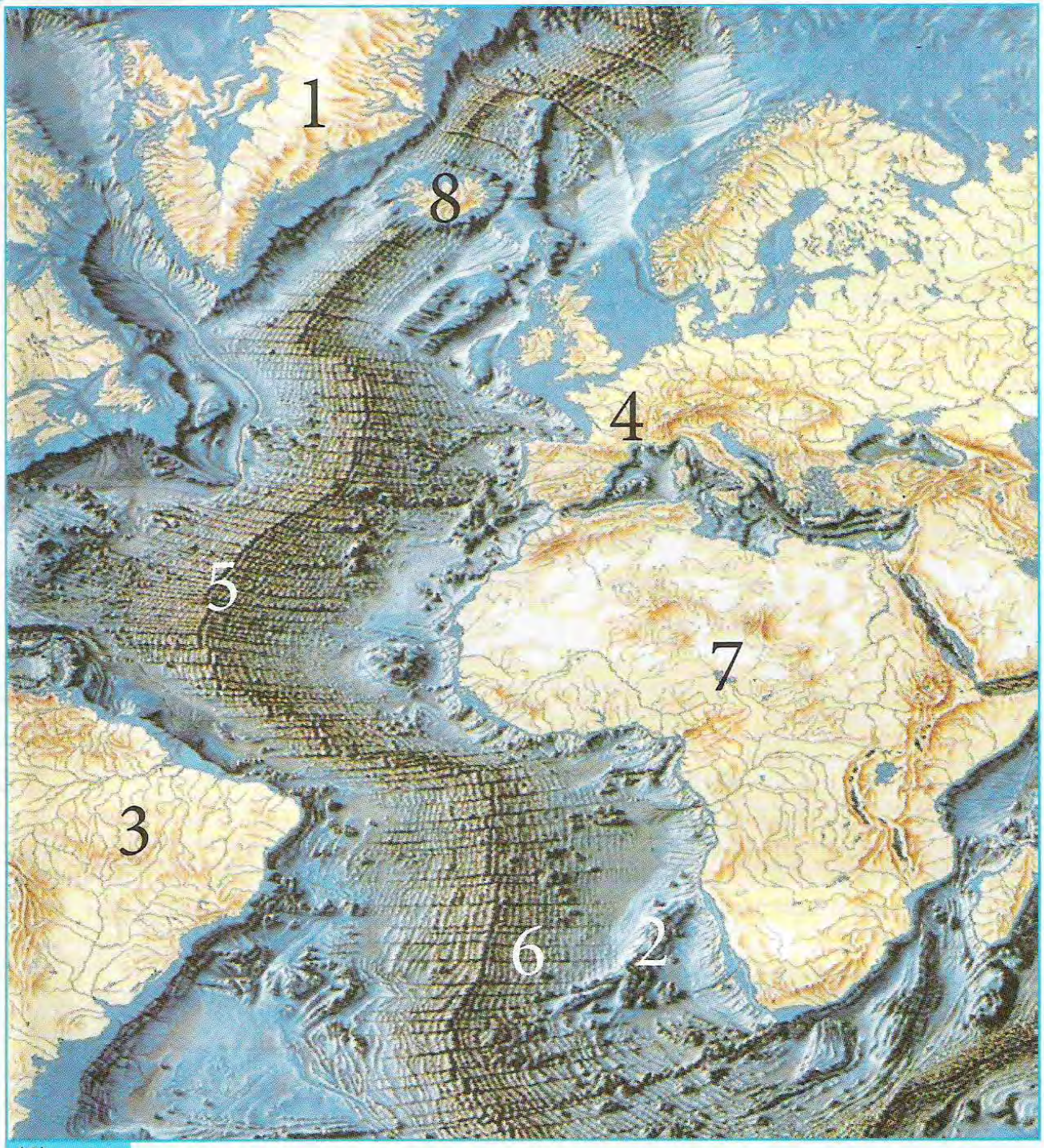
نلاحظ على امتداد ظهرة المحيط الأطلسي تضاريس جيولوجية تنشأ عن حركة القشرة الأرضية خلال الأزمنة الجيولوجية.

- ما هي طبيعة هذه الحركة ؟
- وكيف تتم ؟
- وما هي التضاريس الناشئة عنها ؟

تغطي المحيطات حوالي 2/3 من المساحة الكلية للأرض حيث تنتشر مناطق البناء وتتشكل ظهرات وسط محيطية.

تمتد الظهرات وسط محيطية في العالم على طول يقدر بـ 75000كلم، وتزداد مساحة المحيطات كل عام بـ 3 كلم ^{2} أي ما يعادل انبثاق 20 كلم ^{3} من الماغما، حيث تعتبر الظهرات مناطق تجدد القشرة الأرضية.

الوثيقة (1) خريطة لتوزع الظهرات في العالم (1 – 2 ظهرات وسط محيطية)



الوثيقة (2) خريطة لظهرة وسط المحيط الأطلسي

استغلال الوثائق:

1. حدد نوع الحركة التكتونية التي تسببت في تشكل الظهرات وسط محيطية.
2. أعد رسم الوثيقة (2) على ورق شفاف، ثم ضع البيانات التالية مكان الأرقام المبينة على الخريطة: (ظهرة، جزيرة بركانية (إسلندا)، قارة إفريقيا، المحيط الأطلسي، قارة أوروبا، سلاسل جبلية تحت بحرية، قارة أمريكا الجنوبية، سلاسل جبلية قارية).
3. استنتج إذن التضاريس المميزة للظهرات.

النشاط 2

المغماتية وتشكل اللوح المحيطي

ترتبط مناطق التباعد القاري بمغماتية نشطة تعمل على تجدد القشرة المحيطية وتشكل سلاسل جبلية تحت بحرية.

➢ كيف يحدث ذلك ؟

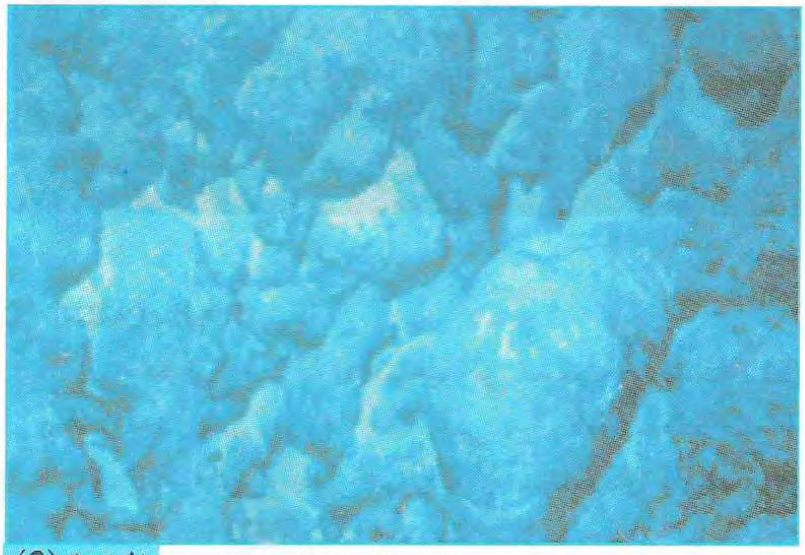
نشاط ظهرة وسط المحيط الأطلسي

أ) بركنة الظهرة وسط محيطية:

تبين الوثائق التالية الظواهر المميزة للظهرات وسط محيطية.

تمثل النشاط البركاني على مستوى محور الظهرة في حمم بركانية بازلتية مائعة (Pillow lava) (الوثيقة 1، 2).

الوثيقة (1) صورة لحمم بركانية في وسط المحيط الأطلسي



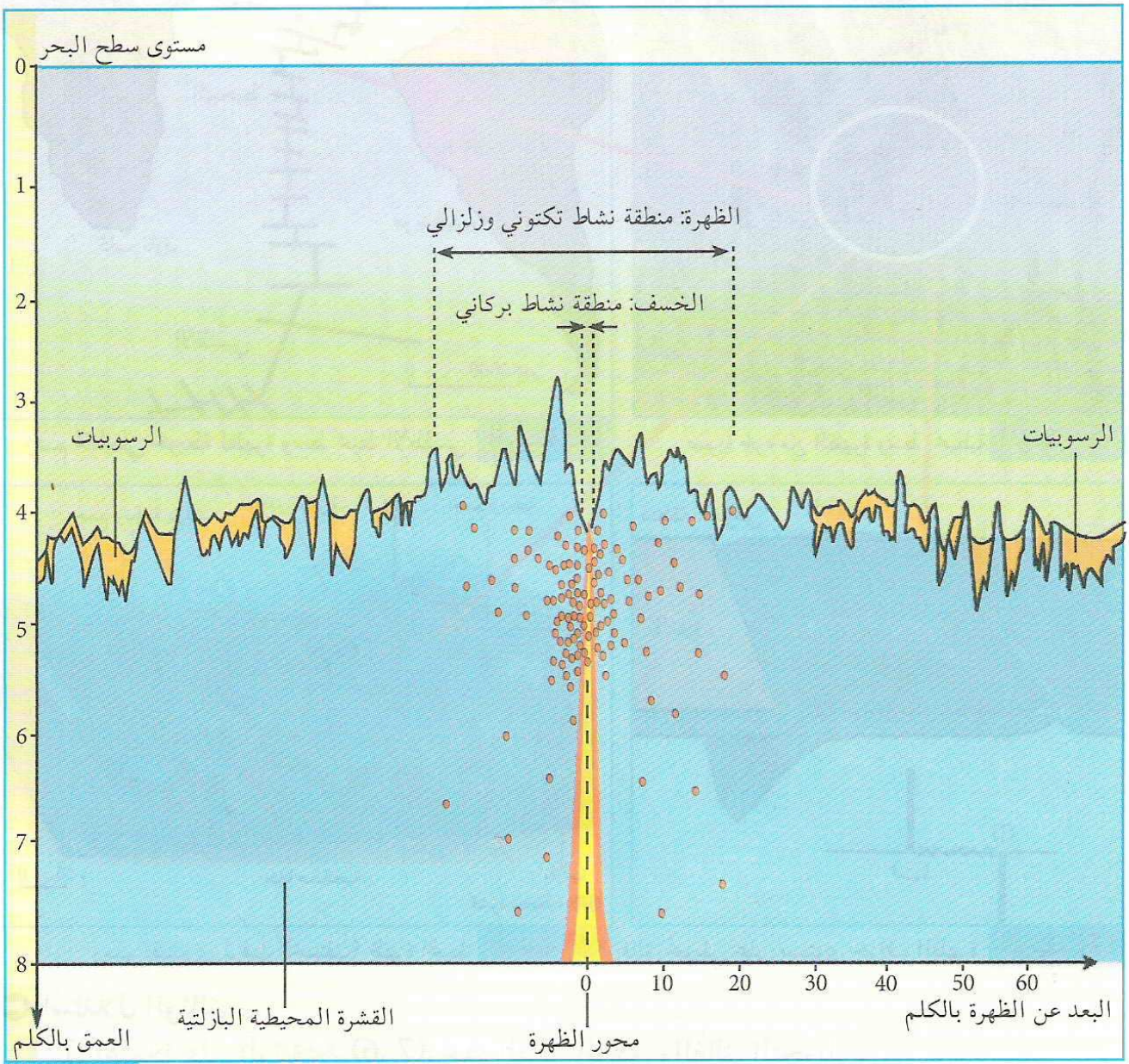
الوثيقة (2) صورة وسائد بركانية في المحيط الأطلسي

استغلال الوثائق:

1. اعتمادا على الوثيقة (1) تعرّف على مميزات الحمم البركانية المنبعثة على مستوى الظهرات وسط محيطية.
2. كيف تم الانتقال من الحالة المبينة في الوثيقة (1) إلى الحالة المبينة في الوثيقة (2) ؟
3. ما هو الشكل الذي تأخذه الحمم بعد التبريد ؟

ب) طبوغرافية قاع المحيط:

* يؤدي القذف المستمر للماغما على مستوى الظهرات إلى تشكل سلاسل جبلية بإمكانها أن تصل في بعض الأحيان إلى السطح مشكلة جزرا بركانية كإسلندا مثلا (الوثيقة 3)، تتميز الظهرات بوجود زلازل تنتشر على مستوى الرفت لا تفوق قوتها 5 درجات على سلم رشتر.



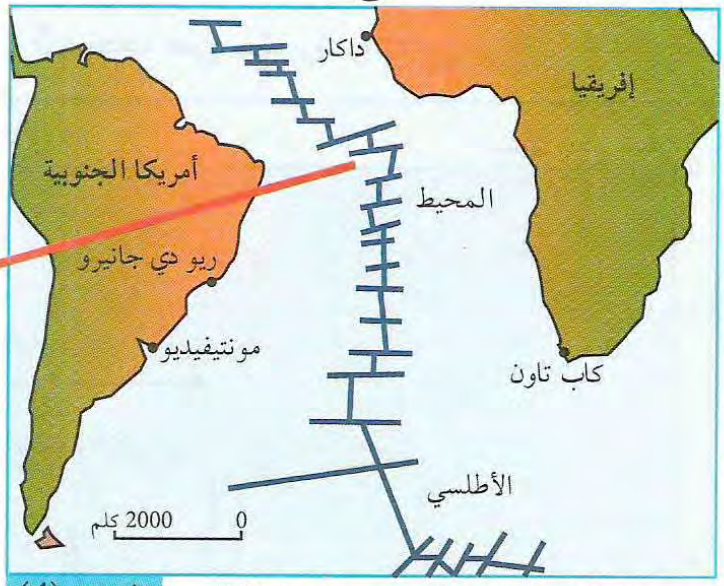
الوثيقة (3) مقطع عرضي في ظهرة المحيط الأطلسي تبين موقع بؤر الزلازل (باللون الأحمر)

استغلال الوثائق:

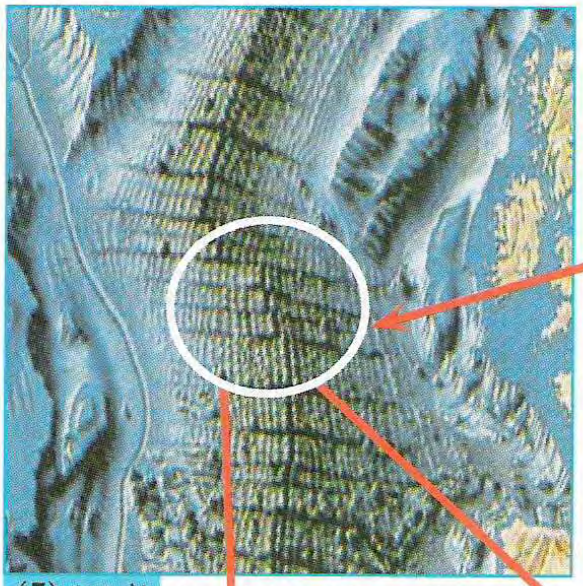
1. باستغلال الوثيقة (3)، حدد التضاريس المميزة لقاع المحيط.
2. ما هي العلاقة الموجودة بين الخسف والظهرة ؟

* تنتج الزلازل عن حركة الفوالق العادية التي تحد جانبي الرفت المركزي مشكلة خسفا من جهة وفوالق تحويلية تقطع الظهرة عموديا من جهة أخرى.

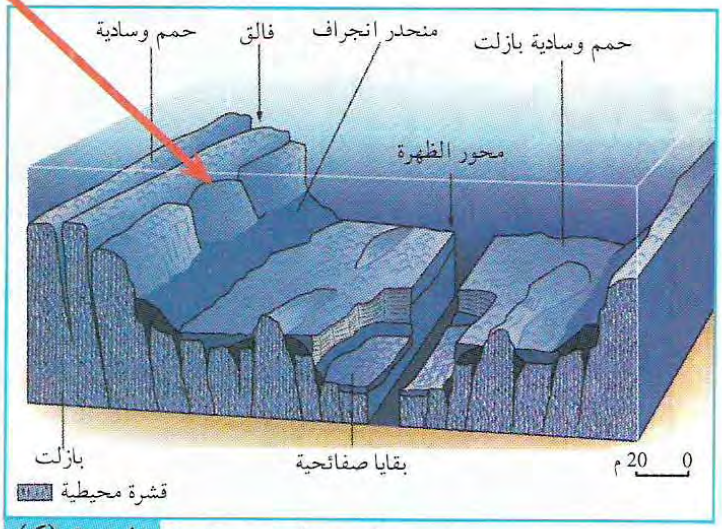
تبين الوثائق الموالية موقع هذه الفوالق:



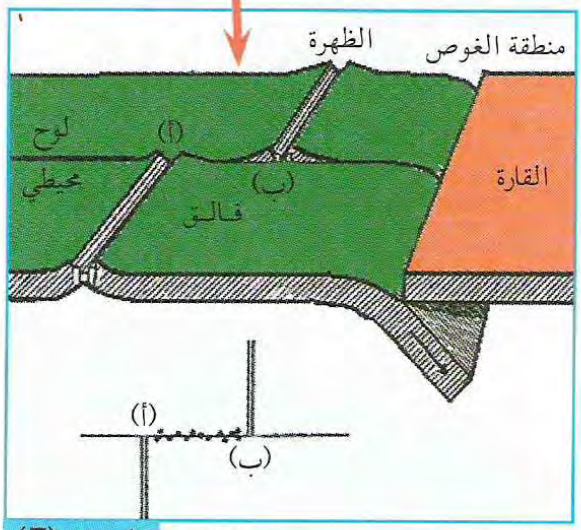
رسم تخطيطي لخريطة لظهرة وسط محيط الأطلسي **الوثيقة (4)**



صورة لجزء من الظهرة وسط محيطية **الوثيقة (5)**



رسم تفسيري لرفت (خسف) ظهرة المحيط **الوثيقة (6)**



فالق تحويلي على مستوى حواف الظهرة **الوثيقة (7)**

استغلال الوثائق:

1. اعتمادا على الوثيقتين (6، 7)، حدد الفالق العادي والفالق التحويلي.
2. حدد على الوثيقة (7) اتجاه حركة الفالق.
3. ما هو دور الفوالق التحويلية ؟
4. انجز مخططا تمثيليا بسيطا للفالق الموضح في الوثيقة (6)، وحدد اتجاهه.
5. اعتمادا على المعلومات التي توصلت إليها، قدم تفسيرا للنشاط الزلزالي المميز للظهرة.

* قدم إذن تفسيرا لكيفية تشكل جبال قاع المحيطات.

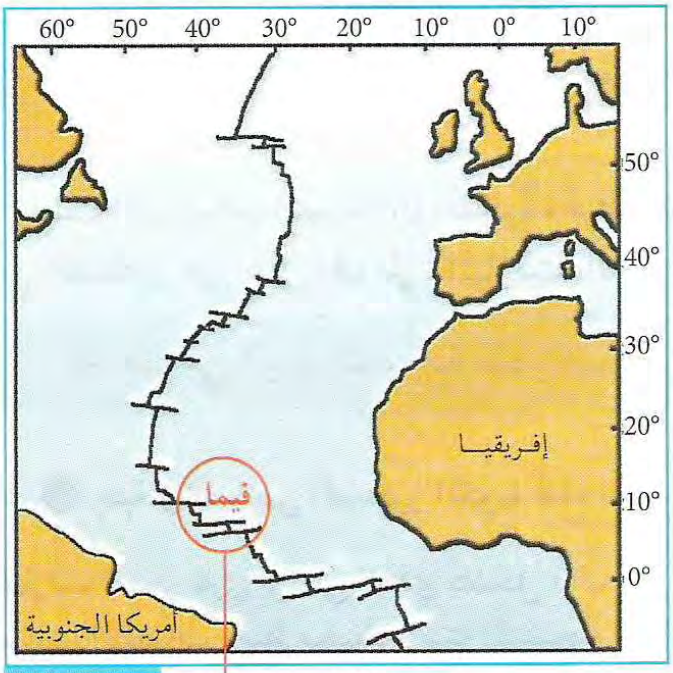
ج) تسلسل صخور الليتوسفير المحيطي:

أجرى العلماء أبحاثا بتروغرافية حول فالق فيما (Vema) (حملة نوتولوس 1988) الواقع على مستوى ظهرة وسط المحيط الأطلسي وذلك لتحديد تسلسل صخور الليتوسفير المحيطي.

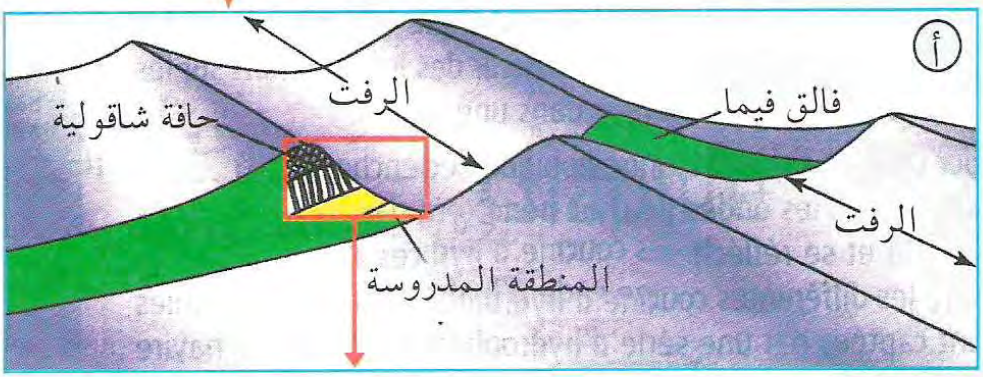
إن هذا الفالق عمودي تحويلي (إزاحي يميني) حيث حوّل جزأين من القشرة المحيطية أفقيا على مسافة قدرها 300 كلم.

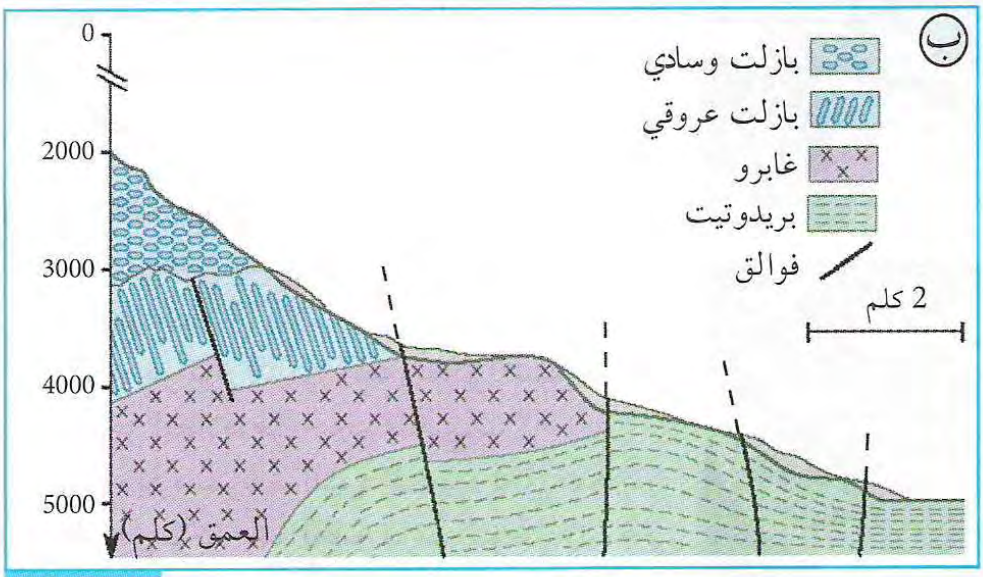
سمحت هذه الوضعية للعلماء بإجراء معاينة مباشرة لمقطع في القشرة المحيطية.

تمثل الوثيقتين (8 و9) موقع فالق فيما في المحيط الأطلسي، حركته وتسلل الصخور على مستواه.



الوثيقة (8) خريطة المحيط الأطلسي الأوسط





الوثيقة (9)

أ- رسم تخطيطي لفالق فيما.

ب- مقطع جيولوجي لتسلسل صخور منطقة فيما (Vema)

استغلال الوثائق:

1. ما هو سبب اختار فالق فيما للدراسة ؟
2. حلل الوثيقتين (9-أ و9-ب)، ماذا تستنتج حول تجانس القشرة المحيطية ؟
2. وضح برسم تخطيطي مكونات القشرة المحيطية مستغلا مفتاح رسم الوثيقة (8).

النشاط 3

تشكل التضاريس المميزة للظهرة وسط محيطية

بينت الدراسات السابقة أن القشرة المحيطية تتكون من الأعلى إلى الأسفل من ثلاثة أنواع من الصخور هي على التوالي: البازلت، الغابرو، البيريدوتيت.

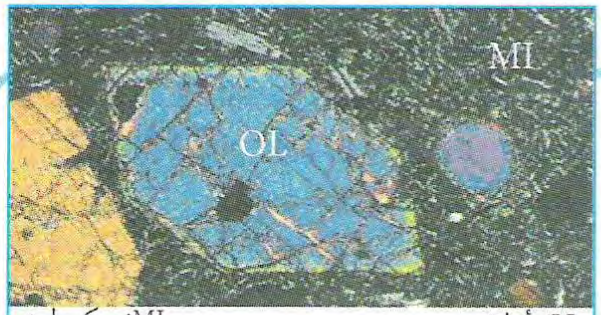
➢ فما هي البنية النسيجية لهذه الصخور ؟ وما هي خصائصها ؟

❶ بنية وخصائص الصخور المكونة لقاع المحيط

البازلت: صخر ناري بركاني قاعدي يتشكل غالبا على مستوى الظهرات وسط محيطية، بنيته النسيجية مبينة في الوثيقة (1)، يتكون من معادن كبيرة من الأوليفين، ومعادن صغيرة من البلاجيوكلاز (ميكروليت) وزجاج بركاني.

الغابرو: صخر ناري قاعدي يتكون داخل القشرة المحيطية، بنيته النسيجية مبينة في الوثيقة (2). يتكون من معادن متوسطة الحجم من الأوليفين (OL) والبلاجيوكلاز (PL).

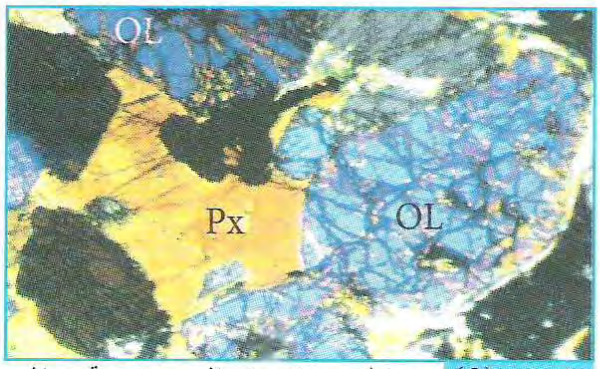
البيريدوتيت: صخر ناري فوق قاعدي يتكون على مستوى البرنس، بنيته النسيجية مبينة في الوثيقة (3). يتكون أساسا من معادن كبيرة من الأوليفين (OL) والبيروكسين.



OL: أوليفين MI: ميكروليت

الوثيقة (1) صورة لشريحة صخر البازلت تحت المجهر المستقطب

الوثيقة (2) صورة لشريحة صخر الغابرو تحت المجهر المستقطب



الوثيقة (3) صورة لشريحة صخر البيريدوتيت تحت المجهر المستقطب

❷ استغلال الوثائق:

1. قارن بين نسيج كل من البيريدوتيت، الغابرو والبازلت.
2. ما هو نوع التبلور الذي يمكن استنتاجه لكل صخر انطلاقا من حجم الحبيبات ؟
3. حدد مستويات التبرد المميزة لكل صخر.
4. هل تؤكد هذه النتائج ما تم التوصل إليه على مستوى فالق Vema ؟ وضح ذلك.

❷ نمذجة العلاقة بين سرعة التبرد ونسيج الصخر

بينت الدراسات البتروغرافية أن مصدر كل من البازلت والغابرو هو الانصهار الجزئي للبيريدوتيت. فما هو سبب اختلاف البنية النسيجية لهما ؟

للإجابة على هذا السؤال نجري تجربة الفانيلين كما يلي:

الوسائل: علبة بتري - شرائح زجاجية - مجهر مستقطب - مسحوق فانيلين.

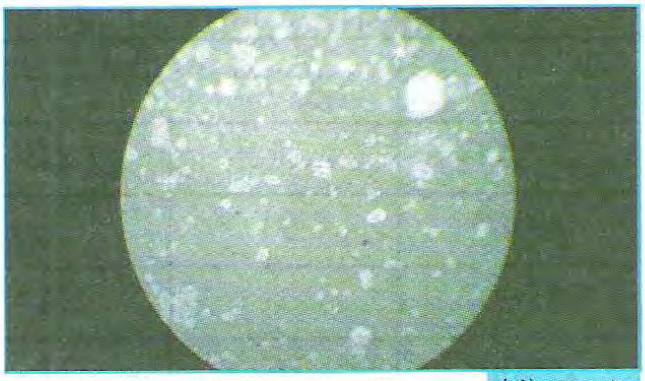
طريقة العمل:

- ضع قليلا من الفانيلين في علبة بتري ثم اخلطها بالماء.
- ضع قطرات من الخليط فوق ثلاث شرائح زجاجية:

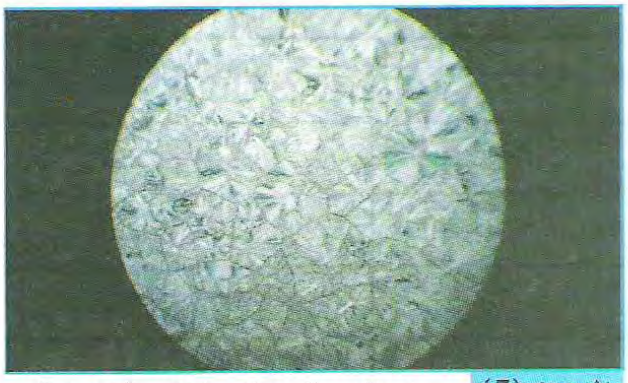
* أدخل الأولى في الثلاجة، اترك الثانية معرضة للهواء الطلق وضع الثالثة فوق حمام مائي أو مدفأة درجة حرارتها تقدر بـ 50°م.

- وبعد مدة زمنية قم بفحص ومشاهدة كل شريحة بالمجهر المستقطب، وسجل الملاحظات المتوصل إليها.

أظهرت النتائج التجريبية الملاحظة بالمجهر المستقطب للنمذجة السابقة الصور التالية:



الوثيقة (4) صورة بالمجهر المستقطب لنتائج الشريحة التي وضعت في الثلاجة



الوثيقة (5) صورة بالمجهر المستقطب لنتائج الشريحة التي وضعت في الهواء الطلق

استغلال الوثائق:

1. قارن بين النتائج التجريبية لتبلور مادة الفانيلين في الحالات الثلاثة الملاحظة بالمجهر المستقطب
2. ما هي العلاقة بين شكل بلورات الفانيلين ودرجة حرارة التبلور.
3. هل تتوافق النتائج المحصل عليها من النمذجة مع تبلور كل من صخور البازلت، الغابرو والبيريدوتيت ؟

الوثيقة (6) صورة بالمجهر المستقطب لنتائج الشريحة التي وضعت فوق الحمام المائي

❸ العلاقة بين التركيب الكيميائي ودرجة انصهار البيريدوتيت

ينتج ماغما الظهرات وسط محيطية عن الانصهار الجزئي للبيريدوتيت المكوّن للبرنس، حيث يعطي تبلور ماغما الظهرات وسط محيطية صخورا مختلفة عن الصخور الأصلية المنصهرة.

أ) التركيب الكيميائي لصخور البازلت، الغابرو والبيريدوتيت:

يبين جدولا الوثيقتين (7 و8) الأكاسيد والمعادن المكونة لمختلف الصخور المعروفة على مستوى الظهرات وسط محيطية:

نسب الأكاسيد الكيميائية (%)	البيريدوتيت	الغابرو	البازلت
SiO_2	42.3	49	47.1
Al_2O_3	0.5	14.2	14.2
FeO	7.1	7.3	11
MgO	49.6	7	12.7
CaO	0.1	9.4	9.81
Na_2O	0.1	2.7	2.76
K_2O	0.05	1	0.90

الوثيقة (7) جدول يبين نسب الأكاسيد المكونة لصخور القشرة المحيطية والبرنس

نسب المعادن	البيريدوتيت	الغابرو	البازلت	درجة الانصهار
الفلسبار البوتاسي			9	600°م
البلاجيوكلاز Na		24		1500°م
البلاجيوكلاز Ca		24	16	1500°م
البيروكسين	35.5		16	1500°م
الأوليفين (Mg_2SiO_4)	64.7	52	10	1800°م
الزجاج البركاني			55	0000°م

الوثيقة (8) جدول يبين نسب المعادن المكونة لصخور القشرة المحيطية والبرنس

استغلال الوثائق:

1. قارن بين أهم الأكاسيد المكونة للصخور الثلاثة، ماذا تستنتج ؟
2. قارن بين المعادن المكونة للصخور الثلاثة، ما ذا تستنتج ؟

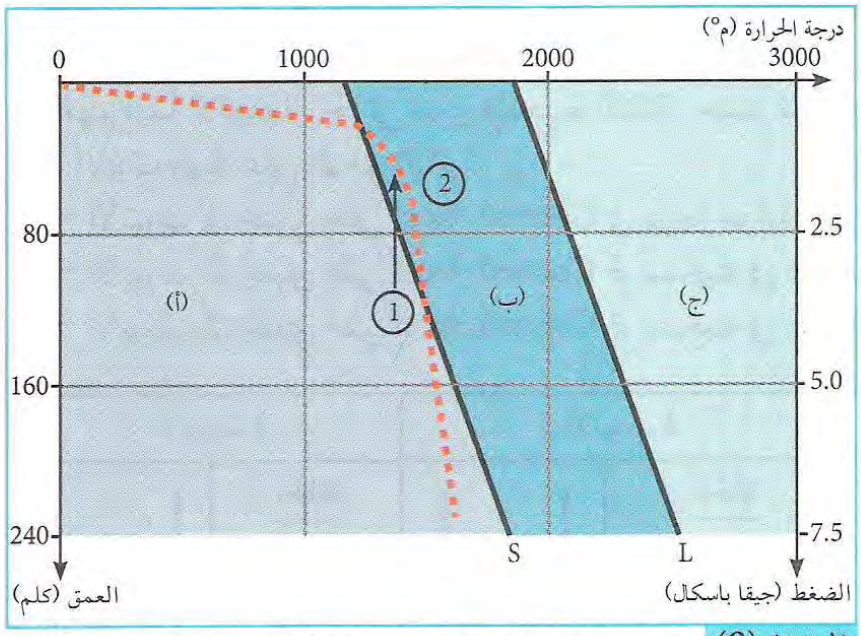
* باستغلال التركيب الكيميائي والمعدني للخور الثلاثة وبالاعتماد على درجة انصهار المعادن المكونة لها اقترح فرضية تفسر بها آلية تشكلها.

ب) الإنصهار التجريبي للبيريدوتيت:

للحصول على ظروف انصهار البيريدوتيت، نجرى التجارب في ضغط متغير ودرجة حرارة متزايدة، حيث يتم تعريض عينات من البريدوتيت لضغوط وحرارة متغيرة، فينتج عن ذلك ثلاث مجالات (أ، ب، ج) يقسمها المستقيمان S وL (الوثيقة 9).

يفصل المستقيم S (Solidus) المجال (أ) الذي يكون فيه البيريدوتيت صلبا عن المجال (ب) الذي يكون فيه البيريدوتيت منصهرا جزئيا .

يفصل المستقيم L (Liquidus) المجال (ب) الذي يكون فيه البيريدوتيت منصهرا جزئيا عن المجال (ج) الذي يكون فيه البيريدوتيت منصهرا كليا.



الوثيقة (9) مجال انصهار البيريدوتيت تحت تأثير الضغط والحرارة

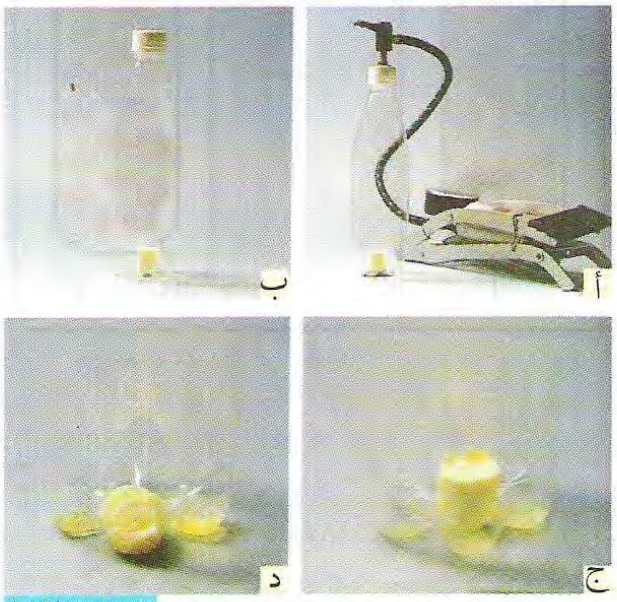
ج) نمذجة تأثير الضغط على انصهار المواد الصلبة:

تجربة: نأخذ قارورتين ونضع فيهما مكعبات من الزبدة بنفس الحجم. نسلط على كلاهما نفس الضغط بواسطة نافخ قدره 5 نانومتر (بعد وضع السدادة).

نبقي القارورة (أ) تحت نفس الضغط ونخفض ضغط القارورة (ب) ليصل إلى الضغط العادي.

نضع القارورتين في حمام مائي درجة حرارته 35°م.

النتائج المتحصل عليها ممثلة في الصورتين (ج ود) في الوثيقة (10).



نمذجة الانصهار التجريبي للبيروديتيت **الوثيقة (10)**

استغلال الوثائق:

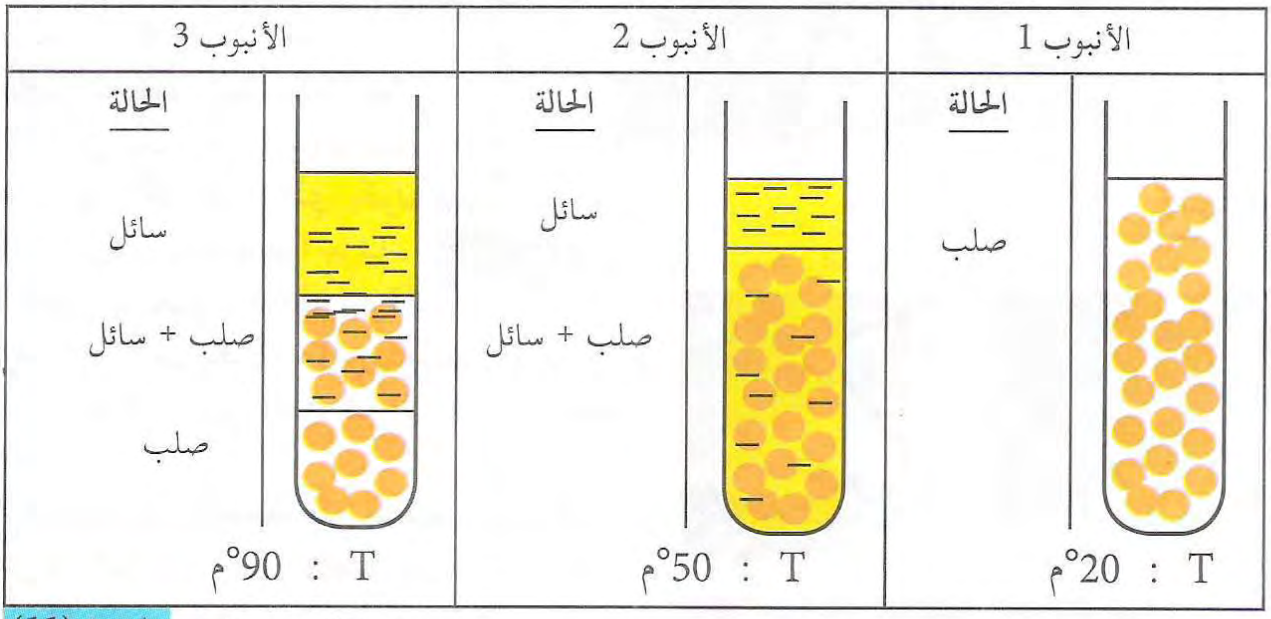
1. استنتج الحالة الفيزيائية للبيريدوتيت في المجالات (أ، ب، ج).
2. اعتمادا على معطيات الوثيقة (9) قدم تفسيرا لاختلاف الحالة الفيزيائية للبيريدوتيت عندما ننتقل من الوضعية (1) إلى الوضعية (2).
3. اعتمادا على جواب السؤال السابق، حدد العوامل المؤثرة على الانصهار الجزئي للبيريدوتيت.
4. حلل نتائج الوثيقة (10) (ج، د) ماذا تستنتج ؟

❹ نمذجة الانصهار الجزئي للبيريدوتيت

يتكون البرنسّ من بيريدوتيت، ينصهر نتيجة انخفاض الضغط، بينت الدراسات التجريبية أن الماغما الناتج عن الانصهار غني بالألمنيوم AL وفقير بالمغنزيوم Mg.

لفهم مبدأ الانصهار الجزئي نجري التجربة التالية، حيث نستعمل الوسائل التالية:

- 3 أنابيب مهيأة على النحو التالي:
- الأنبوب 1: يحتوي على Corned-beef في درجة حرارة تقدر بـ 20°م.
- الأنبوب 2: يحتوي على Corned-beef تم تسخينه في حمام مائي في درجة حرارة تقدر بـ 50°م.
- الأنبوب 3: يحتوي على Corned-beef تم تسخينه في حمام مائي في درجة حرارة تقدر ب 90°م.



نمذجة الانصهار الجزئي **الوثيقة (11)**

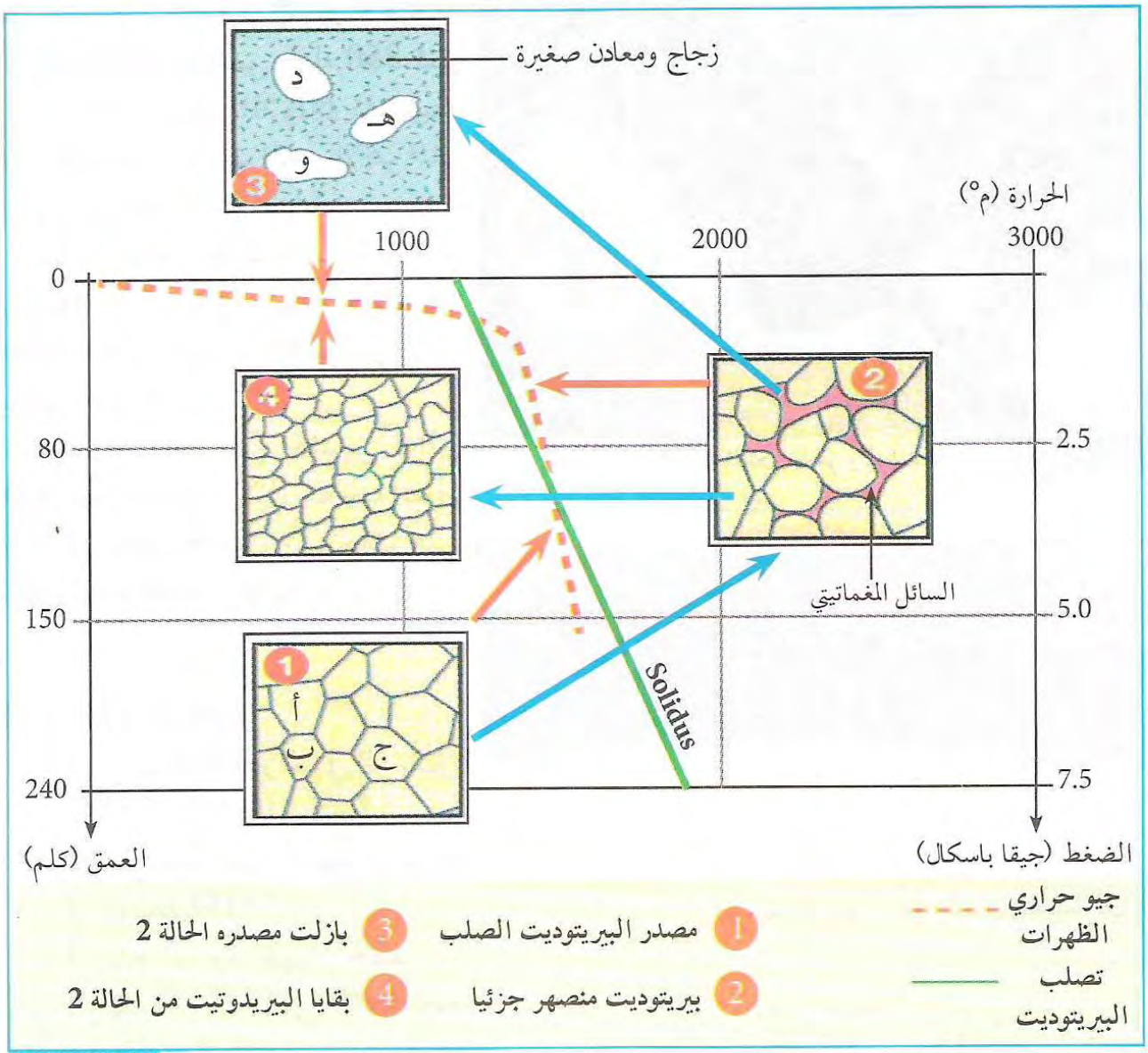
استغلال الوثائق:

1. سجل الملاحظات التي تظهر في الأنابيب الثلاثة بعد ساعة من التسخين.
2. ما هي الأنابيب التي حدث فيها انصهار جزئي للمواد ؟ فسر ذلك.
3. قارن بين الأنابيب التي حدث فيها انصهار جزئي والأنبوب الأول. اشرح الظاهرة.
4. اعتمادا على النتائج المحصل عليها في التجربة، اشرح سبب غنى الماغما الناتج عن الانصهار الجزئي للبيريدوتيت بالأليمينيوم وفقره بالمغنيزيوم.

* بالاعتماد على المعلومات المتوصل إليها في الأنشطة السابقة، مثل برسم تخطيطي نشاط غرفة مغماتية تحت الظهرة وسط محيطية.

❺ ظروف انصهار البيريدوتيت

تؤدي حركة تيارات الحمل إلى صعود البرنس الأستينوسفيري على مستوى الظهرات، وانصهار البيريدوتيت. كيف تتم هذه الظاهرة ؟ وما هي العوامل المسؤولة عنها ؟
يبين المخطط المقابل تأثير الضغط على انصهار البيرودوتيت.



مخطط ضغط- حرارة لانصهار البيريدوتيت **الوثيقة (12)**

استغلال الوثائق:

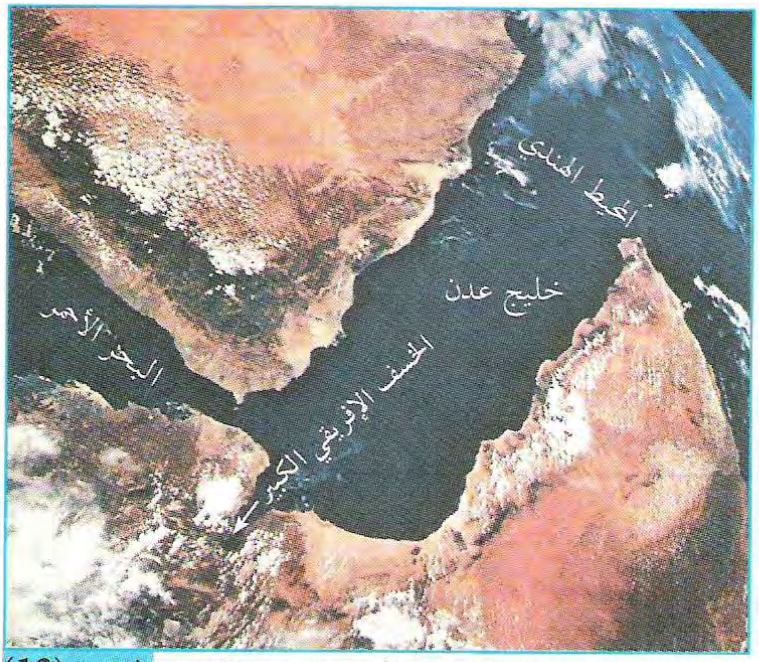
1. قارن بين البيريدوتيت في الحالة (1) والحالة (2).
2. حدد العوامل التي تؤدي إلى تحول البيريدوتيت من الحالة (1) إلى الحالات (2، 3 و4).
3. حدد الحالة الفيزيائية للبيريدوتيت على يمين ويسار solidus (2 و4)، ما هو العامل الأكثر تأثيرا في هذه الحالة ؟
4. حدد العامل الأكثر تأثيرا بين الحالتين (1 و2).
5. قارن البنية النسيجية للحالتين (3 و4) مع التعليل.

❻ سبب انخفاض الضغط على مستوى الظهرة

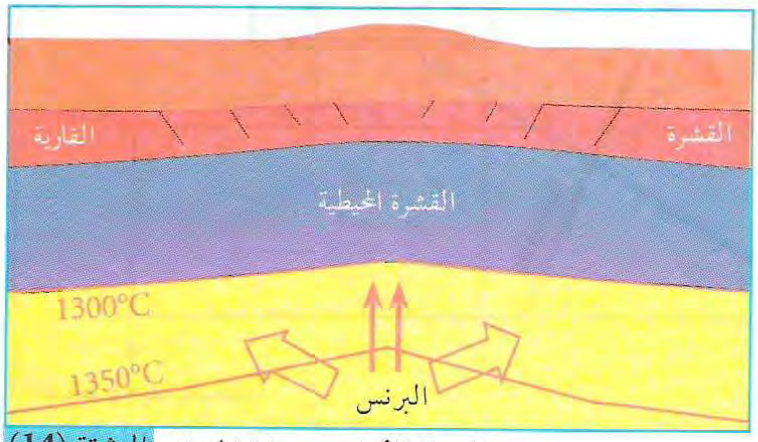
بينت الدراسات الجيولوجية وجود خسف على مستوى منطقة قرن الشرق الإفريقي، الذي يمتد على منخفض طوله 950 كلم وعرضه يتراوح بين 40 و60 كلم، يبدأ هذا الخسف من جنوب البحر الأحمر شمالا وينتهي في منطقة زمبار جنوبا.

تبتعد حواف الخسف بسرعة تتراوح بين 10 و20سم في السنة، حيث بدأ عمله منذ 10 مليون سنة (الميوسين) وهو مستمر حتى الآن.

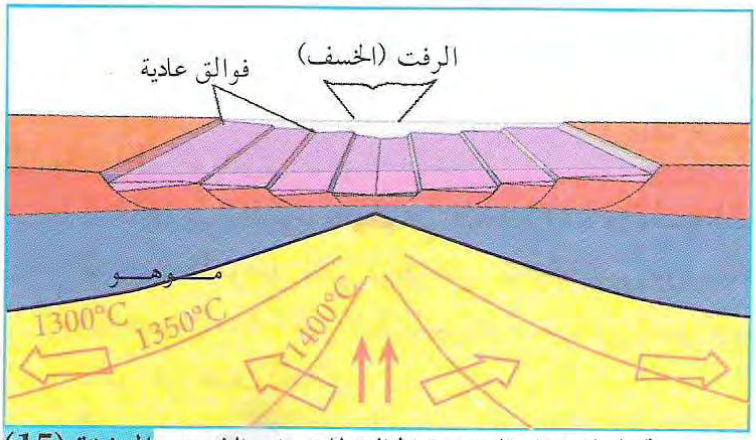
يحد الخسف من الجانبين فوالق عادية، يتميز بوجود زلازل سطحية تفوق قوتها في بعض الأحيان 5 درجات على سلم رشتر وطفوح بركانية بازلتية.



صور جوية لمنطقة البحر الأحمر والرفت الافريقي **الوثيقة (13)**



المرحلة الأولى من بداية الخسف **الوثيقة (14)**



رسم تخطيطي يمثل الوضعية الحالية للخسف الإفريقي **الوثيقة (15)**

استغلال الوثائق:

1. قارن وضعية البرنس في الوثيقتين (14-15)، ما ذا تستنتج ؟
2. على ماذا تدل الأسهم الموضحة في الوثيقة (15) ؟
3. قدم تفسيرا لظهور الخسف في الوثيقة (15). وما هي الآثار الناجمة عن ظهوره ؟
4. استنتج نوع الحركة المؤدية إلى حدوث الظواهر الجيولوجية الملاحظة.

7 نمذجة الخسف (الرفت) القاري

تجربة:

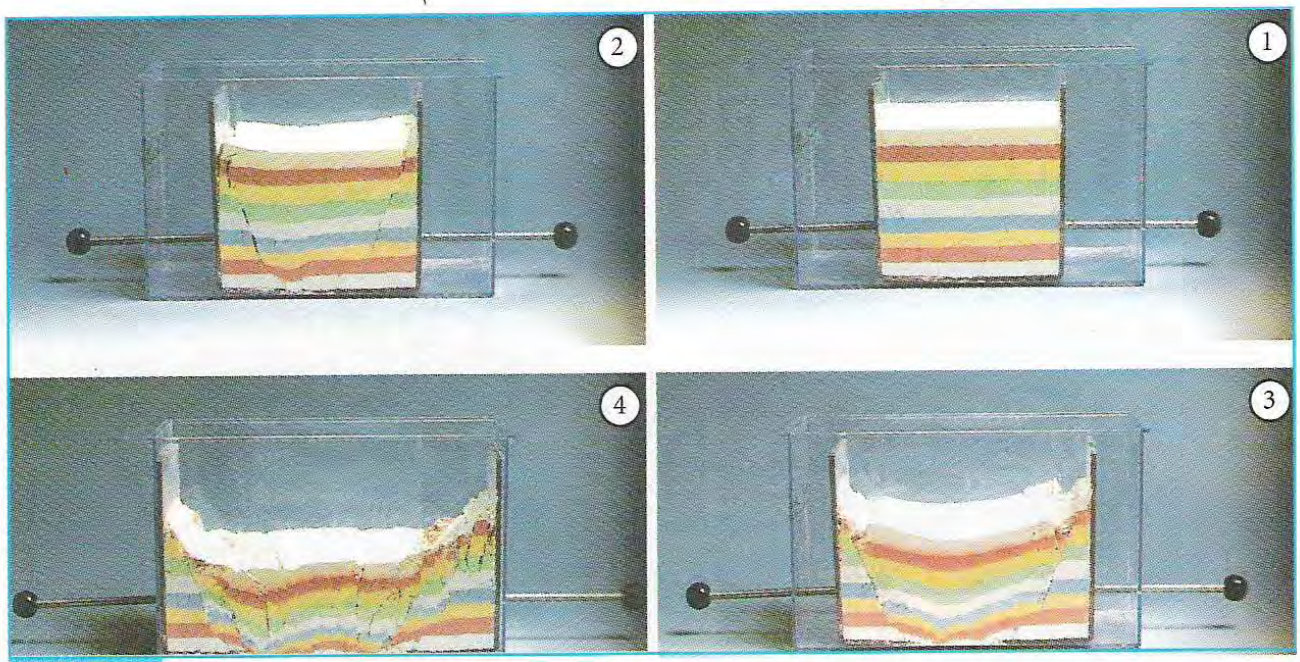
لفهم البنية الأرضية المميزة لظاهرة الخسف القاري يمكن انجاز النموذج التالي:

الوسائل:

- علبة بلاستيكية ذات جوانب متحركة أو علبة خشبية ذات قاع متحرك يكون أحد أوجهها بلاستيكيا لمشاهدة الظاهرة، كما هو مبين في الوثيقة (16).
- 3 كلغ من مادة الجبس.
- ملونات صناعية.

الطريقة:

- خذ كميات متساوية من الجبس ولونها بألوان مختلفة.
- ضع الجبس الملون وسط العلبة على شكل طبقات أفقية (المرحلة 1).
- اسحب الحاجزين في اتجاهين متعاكسين (المرحلتين 2، 3)، ثم لاحظ.



الوثيقة (16) نموذج يمثل المرحلة التباعدية للقشرة الأرضية

استغلال الوثائق:

1. ماذا حدث لطبقات الجبس في المرحلتين (3 و4) ؟
2. ما هو نوع الفوالق الناشئة ؟

* لخص في نص علمي أهم مراحل التجربة موافقا بينها وبين ما حدث على مستوى خسف القرن الإفريقي.

* انجز مخططا لمختلف مراحل تشكل ظهرة محيطية (مبرزا القارة الأصلية، منطقة الرفت، الاتساع المحيطي).

النشاط 4

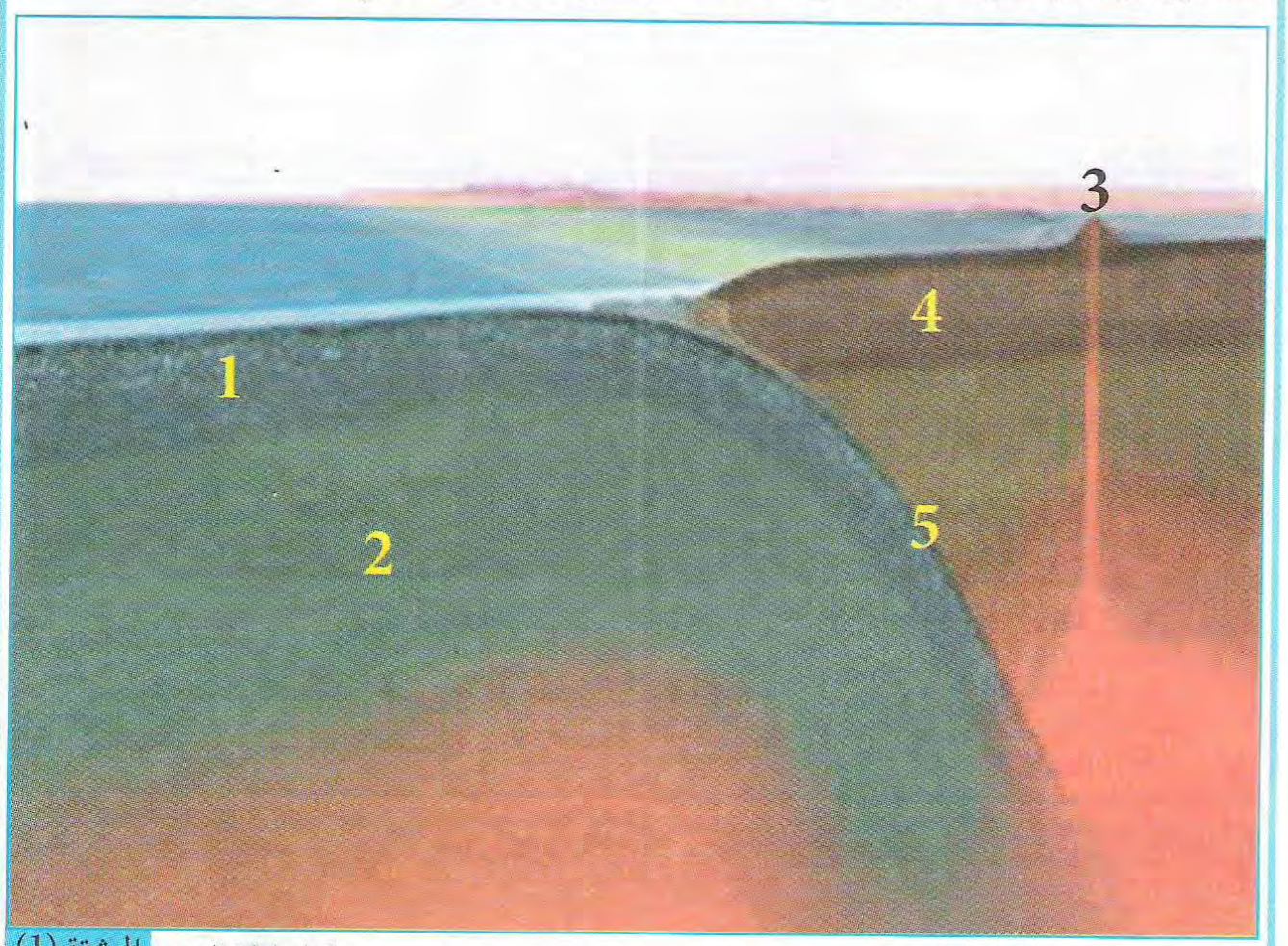
الظواهر المرتبطة بالغوص

إن استمرار إنتاج الماغما على مستوى الظهرات وسط محيطية يؤدي نظريا إلى توسع القشرة المحيطية، إلا إن حجم القشرة الأرضية يبقى ثابتا بسبب حدوث ظاهرة جيولوجية تعمل على هدم القشرة الزائدة في مناطق معينة تدعى مناطق الغوص.

➢ كيف نحدد هذه المناطق على مستوى الكرة الأرضية ؟ وما هي الظواهر الجيولوجية المرتبطة بها ؟

❶ مميزات مناطق الغوص

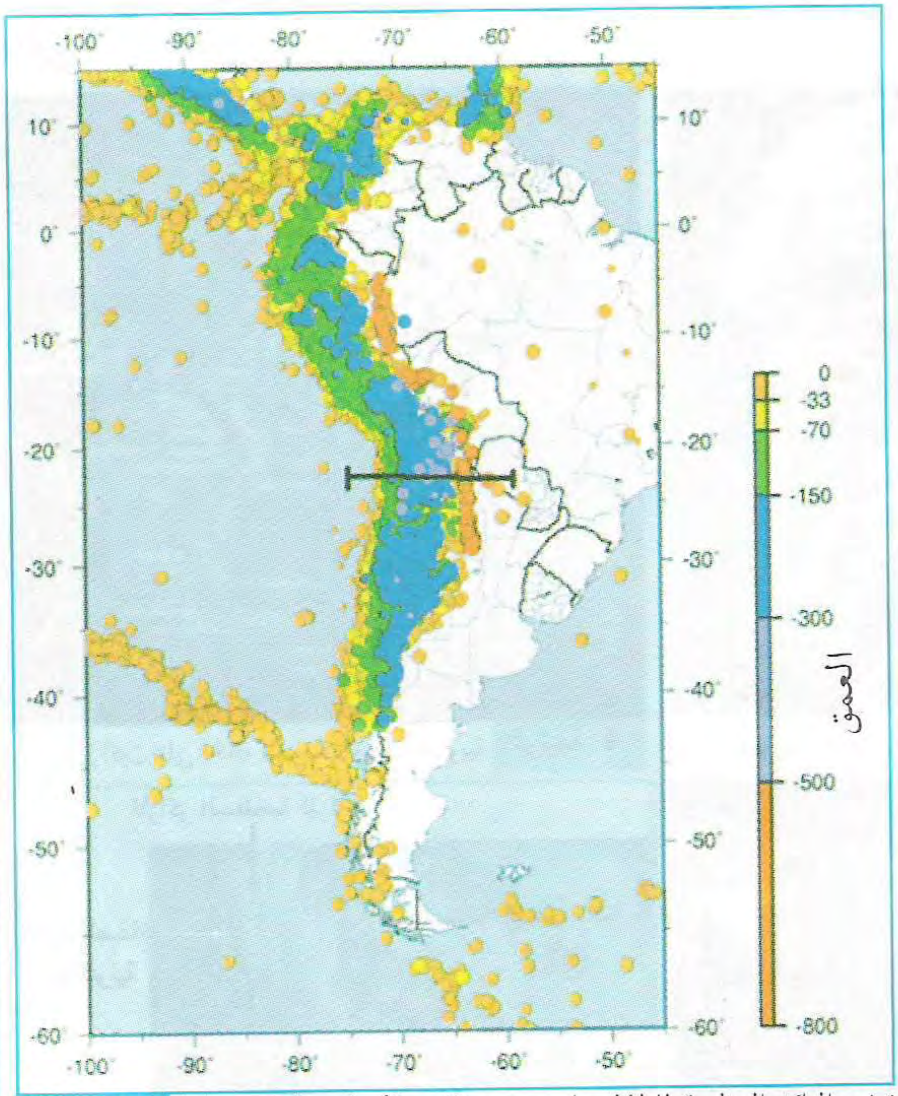
تتميز مناطق الغوص بتضاريس خاصة تتمثل في سلاسل جبلية تنشأ نتيجة الاندفاعات البركانية المتكررة، ومناطق بحرية تميزها أغوار عميقة، تبين الوثيقة (1) مقطعا في منطقة غوص.



الوثيقة (1) رسم تمثيلي لمنطقة الغوص

- ضع البيانات اللازمة مكان الأرقام الموضحة في الوثيقة (1).

❷ كيفية تحديد مناطق الغوص



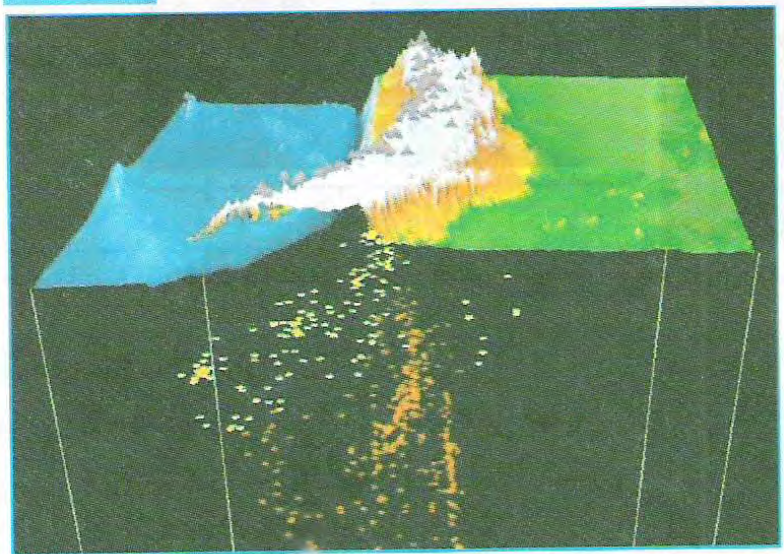
توزيع المراكز السطحية للزلازل على مستوى اللوح الأمريكي الجنوبي والمحيط الهادي **الوثيقة (2)**

دراسة خريطة زلزالية لمنطقة الأنديز:

تقع جبال الأنديز غرب اللوح الأمريكي الجنوبي.

تبين الوثيقة (2) تبين توزيع المراكز السطحية للزلازل التي ضربت المنطقة من 1960 إلى اليوم.

تمثل الوثيقة (3) مجسما أنجز بواسطة الكمبيوتر، يبين التضاريس الناشئة على مستوى مناطق الغوص وبؤر الزلازل في نفس المنطقة.

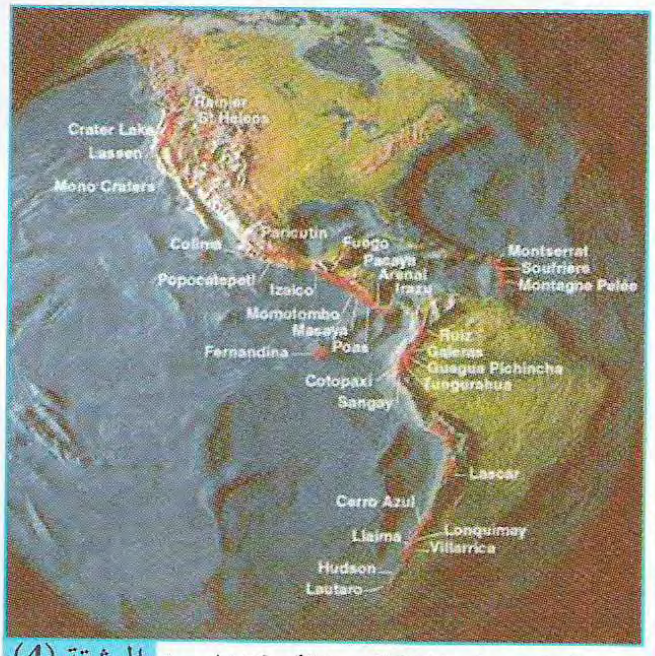


تمثيل ثلاثي الأبعاد (أنجز بالكمبيوتر) يبين توزيع التضاريس والزلازل على الحافة الغربية لقارة أمريكا الجنوبية **الوثيقة (3)**

استغلال الوثائق:

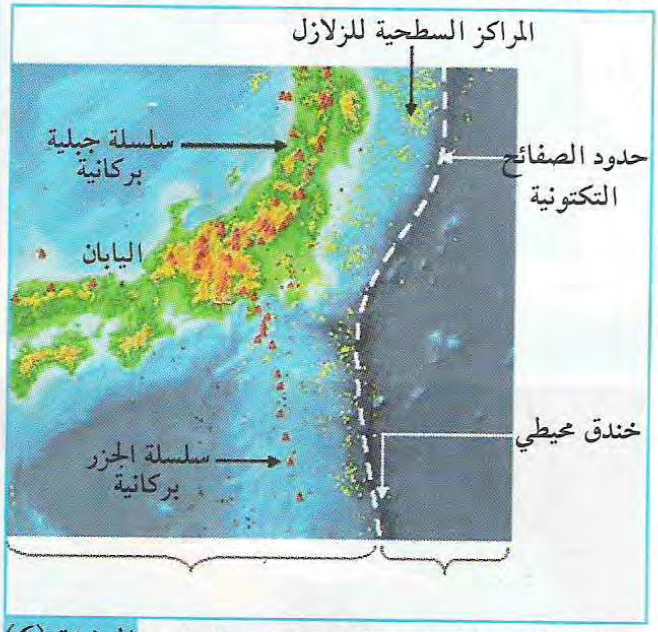
1. حدد مناطق توزع الزلازل في أمريكا الجنوبية.
2. حدد على الوثيقة (2) توزع المراكز السطحية للزلازل بدلالة العمق.
3. استخلص مميزات الزلازل في الجزء القاري لمنطقة الأنديز.
4. حدد نوع التضاريس الناشئة في الوثيقة (3).

تبين الوثائق الموالية مناطق توزيع البراكين النشطة على مستوى الحافة الغربية لأمريكا الجنوبية والمحيط الهادي.

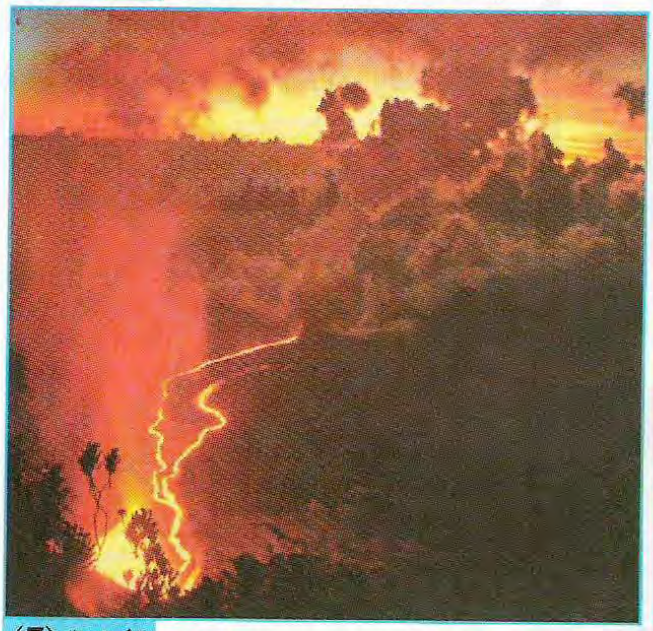


توزيع البراكين على الحافة الغربية لأمريكا الجنوبية **الوثيقة (4)**

صورة لبركان ثائر غرب أمريكا الجنوبية **الوثيقة (5)**



خريطة التضاريس الجيولوجية لمنطقتي اليابان والفيليبين **الوثيقة (6)**



بركان في حالة نشاط بمنطقة الفيليبين بالمحيط الهادي **الوثيقة (7)**

استغلال الوثائق:

1. حدد أماكن توزع البراكين على مستوى قارة أمريكا الجنوبية، اليابان والفيليبين
2. حدد مميزات البراكين المبينة في الوثيقتين (5 و7).
3. استنتج العلاقة بين توزع الزلازل والبراكين في منطقة الأنديز.

* أنجز نصا علميا تبين فيه أهم خصائص مناطق الغوص.